

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MADENCİLİKTE BİLGİSAYAR
UYGULAMALARI VE SURPAC YAZILIMI
İLE BİR OCAK PLANLAMASI

Özgür ÖNGEN

Mart, 2008
İZMİR

**MADENCİLİKTE BİLGİSAYAR
UYGULAMALARI VE SURPAC YAZILIMI
İLE BİR OCAK PLANLAMASI**

**Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi
Maden Mühendisliği Bölümü, Maden İşletme Anabilim Dalı**

Özgür ÖNGEN

Mart, 2008

İZMİR

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

ÖZGÜR ÖNGEN, tarafından Yrd. Doç. Dr. ÇELİK TATAR yönetiminde hazırlanan “MADENCİLİKTE BİLGİSAYAR UYGULAMALARI VE SURPAC YAZILIMI İLE BİR OCAK PLANLAMASI” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Yrd. Doç. Dr. Çelik TATAR

Danışman

Prof. Dr. Ahmet Hakan ONUR

Jüri Üyesi

Prof. Dr. Hülya İNANER

Jüri Üyesi

Prof.Dr. Cahit HELVACI

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Çalıőmalarım sırasında bana her türlü imkânı sağlayan yardımlarımı esirgemeyen Danışman Hocam Yrd. Doç. Dr. Çelik TATAR'a, ayrıca gerek teorik bilgilerin temini gerekse çalıőmalarımın yorumunda, desteğini esirgemeyen Sayın Hocalarım Prof. Dr. Ahmet Hakan ONUR'a, Yrd. Doç Dr. Gürcan KONAK'a ve beni gönülden destekleyen herkese sonsuz teşekkür ederim.

Özgür ÖNGEN

MADENCİLİKTE BİLGİSAYAR UYGULAMALARI VE SURPAC YAZILIMI İLE OCAK PLANLAMASI

ÖZ

Bir maden yatağının işletilmesi uzun yıllar süren, büyük yatırımlar gerektiren ve büyük risk taşıyan bir operasyondur. Böyle bir operasyona girilmeden önce operasyonu karlı kılacak olan işletme sınırlarının ve işletilebilir cevher tonajının belirlenmesi gerekir. Bu çalışmanın amacı, açık işletme dizaynının bilgisayar destekli olarak; kendini madencilik sektöründe kanıtlamış ve günümüzde gerek yeraltı gerek açık ocak olarak birçok büyük maden ocağında kullanılan Surpac Vision paket programı yardımıyla halen proje çalışması devam eden ve önümüzdeki yıllarda işletilmesi düşünülen MUĞLA Milas mevkiinde Yeniköy Linyitleri İşletmesine bağlı Işıkdere linyit yatağına uygulanmasıdır. Bu çalışma yataktaki sondaj verilerinin jeostatistiksel değerlendirilmesini, damarın üç boyutlu dizaynını, rezerv hesaplamalarını, blok model oluşturulmasını, üç boyutlu basamak dizaynının yapılmasını içermektedir.

Anahtar sözcükler: Surpac Vision Software, sondaj verilerinin jeostatistiksel değerlendirilmesi, damarın üç boyutlu dizaynı, rezerv hesaplamaları, blok model oluşturulması, üç boyutlu basamak dizaynı.

**COMPUTER APPLICATIONS IN MINING AND A MINING
PRODUCTION PLANNING WITH A USE OF SURPAC
COMPUTER PROGRAM**

ABSTRACT

Mining a mineral deposit is an operation which lies over a lot of years and which implies a big investment and risks. Before considering such an operation one must know the form of the ultimate surface and the tonnage to mine for having a beneficial operation. The aim of this study is to compare as a computer based open pit mine design the application of Yeniköy Lignite Enterprising Işıkdere coal deposit in Muğla Milas place by Surpac Vision Software that uses both underground mine planing and open pit mine planning in many great mines and nowadays it has proved itself in mining industry. This study includes contcuhed the geostatistical evaluation of drilling data, 3-D (three dimension) design of seam the reserve estimation creating block model, the beach design with three dimensions.

Keywords : Evaluation of drilling data by geostatistical ,3D (three dimension) design of seam , reserve estimation , creating block model , 3D bench design.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
TEZ SINAV SONUÇ FORMU	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZ.....	iv
ABSTRACT.....	v
BÖLÜM BİR – GİRİŞ	1
BÖLÜM İKİ – MADENCİLİK SEKTÖRÜNDE BİLGİSAYAR KULLANIMI.....	2
2.1 Bilgisayarların Gelişimi.....	2
2.2 Madencilik Yazılımlarında Kullanılan İşletim Sistemleri.....	5
2.3 Programlama Dillerinin Yazılımlara Entegre Edilmesi.....	5
2.4 Madencilik Yazılımları ve Tarihçesi	6
2.5 Bilgisayar Yardımıyla Madencilik Planlaması Adımları.....	7
BÖLÜM ÜÇ – MADENCİLİK SEKTÖRÜNDE ARAMALAR VE PLANLAMA.....	9

3.1 Giriş	9
3.2 Madencilikte Sondaj	9
3.3 Sondaj Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	10
3.4 Maden Yatağının Rezervi	13
3.5 Damar Kalınlığının Bulunması.....	14
3.6 Rezervin Hesaplanması.....	17
3.6.1 Kalınlık ve Alanın Bulunması.....	18
3.6.2 Şekilsiz Bir Yatağın Rezervinin Bulunuşu.....	19
3.6.2.1 Standart Yöntemler.....	19
3.6.2.1.1 Ortalama Alan Eşitliği.....	19
3.6.2.1.2 Piramid Eşitliği.....	19
3.6.2.1.3 Kesik Koni Eşitliği.....	21
3.6.2.1.4 Prizmatik Eşitlik.....	21
3.6.2.2 Lineer Yöntemler.....	22
3.6.2.3 Eşdeğer Çizgiler Yöntemi.....	23
3.6.3 Sondajların Cevheri Farklı Derinliklerde Kesmesi.....	23
3.6.3.1. Poligon Yöntemi.....	24
3.6.3.2. Üçgen yöntemi.....	26

3.7 Jeostatistiksel Rezerv Hesabı.....	27
3.7.1 Rezerv Hesabında Uzaklığa Bağlı İlişki Kavramı.....	27
3.7.2 Uzaklığa Bağlı İlişkinin Ölçülmesi Ve Modellenmesi.....	29
3.7.2.1 Variogram.....	29
3.7.2.2 Külçe Etki Modeli.....	31
3.7.2.3 Yuvalı Yapı Modeli.....	32
3.7.2.4 Doğrusal model.....	33
3.7.2.5 Kriging.....	35
3.7.2.6 Blok Ortalamalarının Kriging Yöntemi ile Kestirimi.....	37
3.7.2.7 Kriging Yöntemi İle Kestirimin Özellikleri.....	39
3.7.2.8 Kriging Yöntemi İle Variogram Modelinin Çapraz Doğrulanması.....	40
3.8 Optimum Açık İşletme Sınırının Belirlenmesi.....	41
3.8.1 Bilgisayar Yardımıyla Optimum Açık İşletme Sınırının Bulunması.....	42
3.8.2 Whittle Üçüncü ve Dördüncü Boyut.....	44
3.8.3 Bloklara Değer Atama.....	47
BÖLÜM DÖRT – MADENCİLİKTE ÜÇ BOYUTLU MODELLEME AŞAMALARI.....	48
4.1 Madencilikte Modelleme.....	48
4.2 String (Çizgi) Modelleme Tekniği.....	48

4.2.1 Nokta Kavramı.....	49
4.2.2 String (Çizgi) Kavramı.....	49
4.2.3 Çizgi Çeşitleri.....	50
4.2.3.1 Açık Çizgi.....	50
4.2.3.2 Kapalı Çizgi.....	51
4.2.4 Çizgilerin Kullanılması.....	52
4.2.5 1/2 B Çizgi Modelleme.....	54
4.2.6 Çizgilerin Jeolojik Kullanımları.....	55
4.2.7 Solid (Katı Yüzey) Modelleme Tekniği.....	56
4.2.8 DTM (Sayısal Yüzey Modelleme).....	56
4.2.9 3-DM (Üç Boyutlu Modelleme).....	57
BÖLÜM BEŞ – SURPAC YAZILIMI.....	59
5.1 Surpac Yazılımı Dünü Bugünü.....	59
5.2 Surpac Veritabanının Oluşturulması	60
5.2.1 Veri Tabanı (Database).....	60
5.2.1.1 Veri (Data).....	60
5.2.1.2 Zorunlu Tablolar	63
5.2.1.2.1 Collar Tablosu.	63
5.2.1.2.2 Survey Tablosu.....	64

5.2.1.2.3 Translation Tablosu.	65
5.2.1.3 Seçimli Tablolar	66
5.2.1.3.1 Aralıklı Tablolar.....	66
5.2.1.3.2 Nokta Tablolar (Point).	67
5.2.1.3.3 Soyut Tablolar (Discrete).....	67
BÖLÜM ALTI – SURPAC V5.0 YAZILIMI İLE MUĞLA MİLAS MEVKİİ YENİKÖY LİNYİTLERİ İŞLETMESİNE BAĞLI İŞIKDERE LİNYİT YATAĞI SAHA ÇALIŞMALARI.....	68
6.1 Giriş.....	68
6.2 İşletmenin Coğrafi Konumu.....	68
6.3 Kömürlü Sahanın Jeolojisi.....	69
6.3.1 Genel Jeoloji.....	69
6.3.2 Yapısal Jeoloji ve Tektonik.....	70
6.3.4 Tarihsel Jeoloji.....	70
6.3.5 Ekonomik Jeoloji.....	71
6.4 İşletmenin Hakkında Genel Bilgi.....	73
6.5 İşletmenin Faaliyetleri.....	73

6.6 İşletmenin Üretimi.....	75
6.7 Veri Tabanının Oluşturulması.....	78
6.8 Rezerv Hesabı.....	78
6.8.1 Topografyanın Oluşturulması.....	78
6.8.2 Kesitlerin Alınması.....	78
6.8.3 Solid (Katı Yüzey) Yöntemiyle Damar Hacminin Hesaplanması....	79
6.9 Kömür Damarının Jeostatistiksel Değerlendirilmesi.....	87
6.9.1 Tek Değişkenli İstatistiksel Analiz.....	88
6.9.2 Variogram Analizi.....	89
6.9.3 Variogram Analizi Doğrulaması.....	93
6.9.4 Kriging.....	94
6.9.5 Açık İşletme Basamaklarının Planlanması.....	97
6.9.6 DTM Yöntemiyle Hacim Hesabı.....	107
6.9.4 Blok Model Yöntemiyle Kaloriye Göre Hacim Hesabı.....	110
BÖLÜM YEDİ – SONUÇ VE ÖNERİLER	123
KAYNAKLAR	125

BÖLÜM BİR

GİRİŞ

Bir maden yatağının işletilmesi uzun yıllar sürmekte, büyük yatırımlar gerektirmekte ve büyük risk taşımaktadır. İşletmeye girilmeden önce, işletmeyi karlı kılacak olan işletme sınırlarının ve işletilebilir cevher tonajının doğru belirlenmesi gerekir.

Bu çalışmada, jeostatistik, rezerv hesabı, açık işletme sınırı saptanması hakkında detay bilgi verilmiş, SURPAC VISION paket programı tanıtılmış, veri tabanı oluşturulması, çalışma mantığı anlatılmış ve açık işletme dizaynı SURPAC VISION paket programı yardımıyla yapılmıştır.

Dizayn için; önümüzdeki yıllarda işletilmesi düşünülen ve halen proje çalışması devam eden MUĞLA Milas mevkiinde Yeniköy Linyitleri İşletmesine bağlı Işıkdere linyit yatağının sondaj lokasyonları temin edilmiş, sondaj verilerinin jeostatistiksel değerlendirilmesi yapılmış, damarın üç boyutlu dizaynı, rezerv hesaplamaları, blok model oluşturulması ve üç boyutlu basamak dizaynı yapılmıştır.

BÖLÜM İKİ

MADENCİLİK SEKTÖRÜNDE BİLGİSAYAR KULLANIMI

2.1 Bilgisayarların Gelişimi

Bilgisayar teknolojisindeki evrim, elektrik-elektronik alanında meydana gelen seri gelişmelere paralel olarak açıklanabilmektedir. Her bir gelişme, elektronik devre modellemelerinin teknik açıdan yenilenmesi ve yeni devre konumları ile karakterize edilmektedir.

1950’li yıllarda birçok maden işletmelerinde sıfır jenerasyon elektromekanik makinalar bulunmasına rağmen, makinaların kullanım yavaşlığı ve işletme maliyetinin yüksekliği sebebiyle, madencilik faaliyetlerinde kullanımı yaygınlaşmamıştır. Ancak, 1950’li yılların sonunda ve 1960’ların başında IBM 1620 ve IBM 1401 türü bilgisayarların geliştirilmesi ile kullanım alanı bulabilmiştir. Bu tarihten günümüze değin, madencilik faaliyetlerinde bilgisayar endüstrisinde gelişen mikro-işlemci teknolojisi ve işletim sistemleri paralelinde yaygın bir kullanım alanı bulmaya başlamıştır. Bilgi işlem teknolojisindeki jenerasyonlarda, ileri bir işletim sisteminin varlığı, bilgi işlem maliyetlerinin düşmesini sağlamış ve yakın geçmişte ise farklı işletim sistemlerinde işlem hacmi büyümüş ve işletim maliyeti, minimum değerlere ulaşmıştır (Gündüz, 1995 s. 2).

Teknolojik gelişimdeki bu eğilim, bilgisayarları yararlı olarak kullanabilir bir duruma getirmiş olup mühendisliğin çok değişik alanlarında farklı boyutlarda, bilgisayar programlama dillerinin gelişimine de imkân sağlamıştır. Bilgisayarlarda bilgi saklama-depolama ünitelerinin gelişimi ve yaygın bir kullanım alanı bulması ile doğrudan bilgisayar disklerine (hard disk) bilgi transferi gerçekleştirilmiştir.

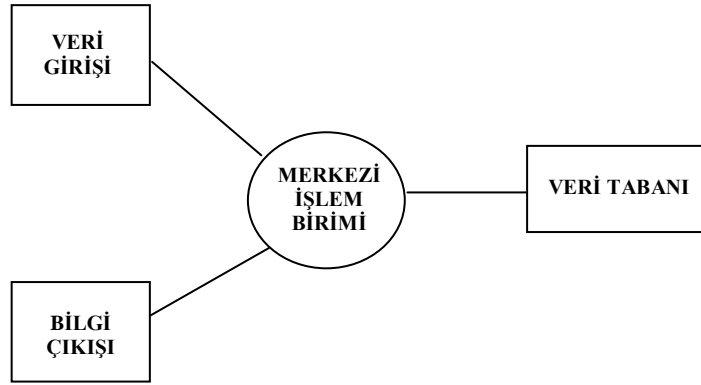
1970’li yıllarda aynı zamanda mikro işlemcilerin hızla gelişimi mini bilgisayarların ve yüksek kapasite işlem özelliğine sahip sistemlerin oluşmasına imkân tanımıştır. Bunun devamında hızlı işlem hacmine sahip iletişim

terminalleri gündeme gelmiştir. 1980’li yıllarda ise işlemci devre düzeninde düşük sıcaklık Josephson teknolojisi ve veri saklama-depolama da kabarcık bellekler ve şarjlı ikili ünitelerin gelişmesi, hardware(donanım) işlemci maliyetlerinin giderek düşmesine neden olmuştur (Gündüz, 1995 s. 3).

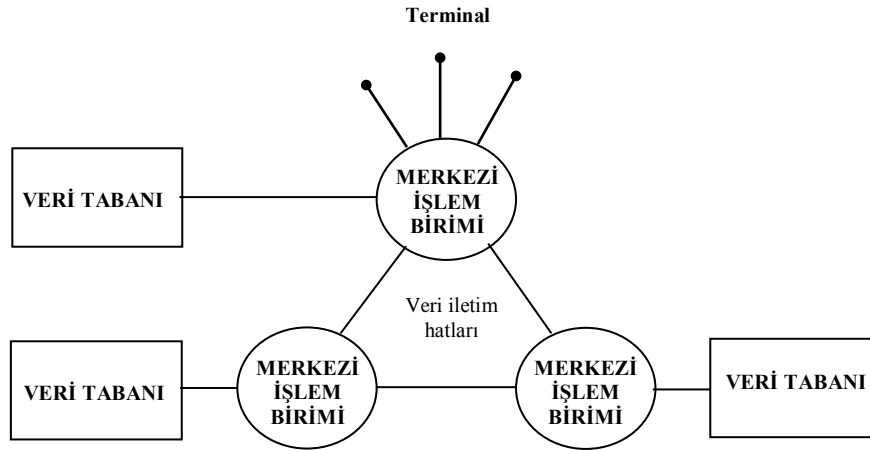
1960’lı yıllardan 1980’li yıllara kadar bilgi işlem dünyasındaki tüm bu gelişmeler, madencilik faaliyetleri ile uğraşan araştırmacıların ufkunu açmış ve faaliyetlerin geliştirilmesi ve hızlı akışının sağlanması yönünde minimum hata sınırları çerçevesinde kompleks yapıdaki yazılım programlarının gelişmesine neden olmuştur.

Bu gelişme kapsamında, rezerv tahmini ve topoğrafik hesaplamalar yapılabildiği. 1960’lı yılların sonlarında mikro işlemcilerle telekomünikasyon hatlarının da ilave edilebilmesi ile maden işletmelerinde multi programlama tekniklerinin uygulanması ve aynı bir birim zamanda birden fazla faaliyetin kontrolü için yazılımların yapılması gerçekleştirilebilmiştir. 1970’li yıllara gelindiğinde terminallerin gündeme gelmesi ile beraber, madencilik yazılım programlarında grafik uygulamaları ve harita-kontur çizimleri gerçekleştirilebilmiş ve bunun sonucunda küçük çaplı yazılım paketleri hazırlanabilmiştir. Ancak bunlar, bir maden işletmesinin tüm ihtiyaçlarını karşılayabilecek düzeye gelememiş olup, yalnızca bir veya birkaç operasyonu incelemek ve kontrol etmek için kullanılabildiği. 1970’li yılların sonlarında ise veri tabanı uygulamalarının başarılması ile bilgisayar bellek sınırları ve efektif kullanımlarında önemli bir gelişme sağlanmış olup, bunun paralelinde madencilik faaliyetleri için etkileşimli bir prosedüre sahip veri tabanı oluşturulmuştur. 1980’li yıllarda network(ağ) uygulamaları sağlanmış ve bilgi aktaran sistemleri geliştirilmiştir. Bu olgu, maden tasarımları için karmaşık program yazılımlarının gerçekleşmesine imkân sağlamıştır. 1990’lı yıllara gelindiğinde ise maden planlama ve organizasyonundaki tüm aktivitelerin bir arada yer alabildiği simülasyon sistemlerinin gelişmesi başarılmıştır (Gündüz, 1995 s. 3).

Yukarıda özet olarak açıklanan bilgisayar teknolojisinin jenerik gelişimi sürecinde, madencilik faaliyetleri için geliştirilen yazılım programlarının geliştirilmesinde etkili olan diğer bir gelişme ise bilgisayar işletim sistemleri ve programlama dillerinin gelişmesidir. 1960'lı yılların ortalarına kadar tek kullanıcı (kişisel) bilgisayarlar (PC) yaygın olarak kullanılmış olup 1970'li yıllarda çok kullanıcı bilgisayarların üretimi ile birlikte terminal hattı kullanımını sağlayan işletim sistemleri geliştirilmeye başlanmıştır (Gündüz, 1995 s. 3).



Şekil 2.1 Merkezi veri tabanı (1960-1970).



Şekil 2.2 Dağıtılmış bilgi işlem ağı (1970-1980).

2.2 Madencilik Yazılımlarında Kullanılan İşletim Sistemleri

İşletim sistemlerinin ve programlama dillerinin gelişimi madencilik yazılımlarının gelişmesinde etkili olan diğer bir etken olmuştur. MS-DOS, UNIX ve WINDOWS madencilik yazılımlarında yaygın olarak kullanılan işletim sistemleridir. Bunların yanı sıra MVS, VMS, OS/2 ve PICK işletim sistemlerinin de kullanıldığı hala görülebilmektedir.

2.3 Programlama Dillerinin Yazılımlara Entegre Edilmesi

Programlanabilir diller, insanlar ile bilgisayarlar arasında iletişimi sağlayan bir araçtır. Kodlama işlemi bir insan faktörüdür. Dillerin fiziksel karakteristiklikleri iletişim kalitesini belirlerken, mühendislik karakteristiği ise yazılım gelişim projelerinde zorunlu olmaktadır. Programlama dilleri proje planlama, analiz, tasarım, kodlama, test ve süreklilik gibi alanlarda etkilidir. Mühendislik birimlerinde, çalışılan konu kapsamında önce yazılım ihtiyaçları belirlenerek daha sonra teknik karakterler açısından önemine göre aday programlar belirlenmektedir. Eğer kompleks veri yapıları gerekiyorsa, çok bilinen veri yapılarını destekleyen dillere ihtiyaç duyulmaktadır (Gündüz, 1995 s. 5).

Özel projeler için programlama dillerinin seçimi, mühendislik ve fiziksel karakteristiklikleri dikkate almayı gerektirmektedir. Yazılım geliştiriminde kullanılacak programlama dilinin seçiminde irdelenecek faktörler şunlardır.

- Genel uygulama alanı;
- Yazılım ile yapılan çevre;
- Programlama adımlarının düzgün derlenebileceği hesaplama kompleksi;
- Kapasite;
- Veri yapılarının kompleksi;
- Yazılım geliştirme grubunun bilgisi;
- İyi bir derleyici.

Bu unsurların kapsamında yapılabilecek yazılım türleri üç gruba ayrılabilir:

- Sistem yazılımları (System Software),
- Derleyici yazılımı (Translator Software),
- Uygulama yazılımı (Application Software).

Sistem yazılımları bilgisayar açılır açılmaz devreye giren ve kapanıncaya kadar etkin durumda kalan yazılım modülleridir. Derleyici yazılımları ise, kaynak programdan veri alarak okuyup önce ilgili dilin kuralları doğrultusunda doğru olup olmadığını kontrol eden, kurala uygun yazılmış ise bunları makina diline çeviren ve işleten yazılımlardır. Uygulama yazılımları ise, verileri işleyerek istenen sonuçları üreten programlardır (Gündüz, 1995 s. 5).

2.4 Madencilik Yazılımları ve Tarihçesi

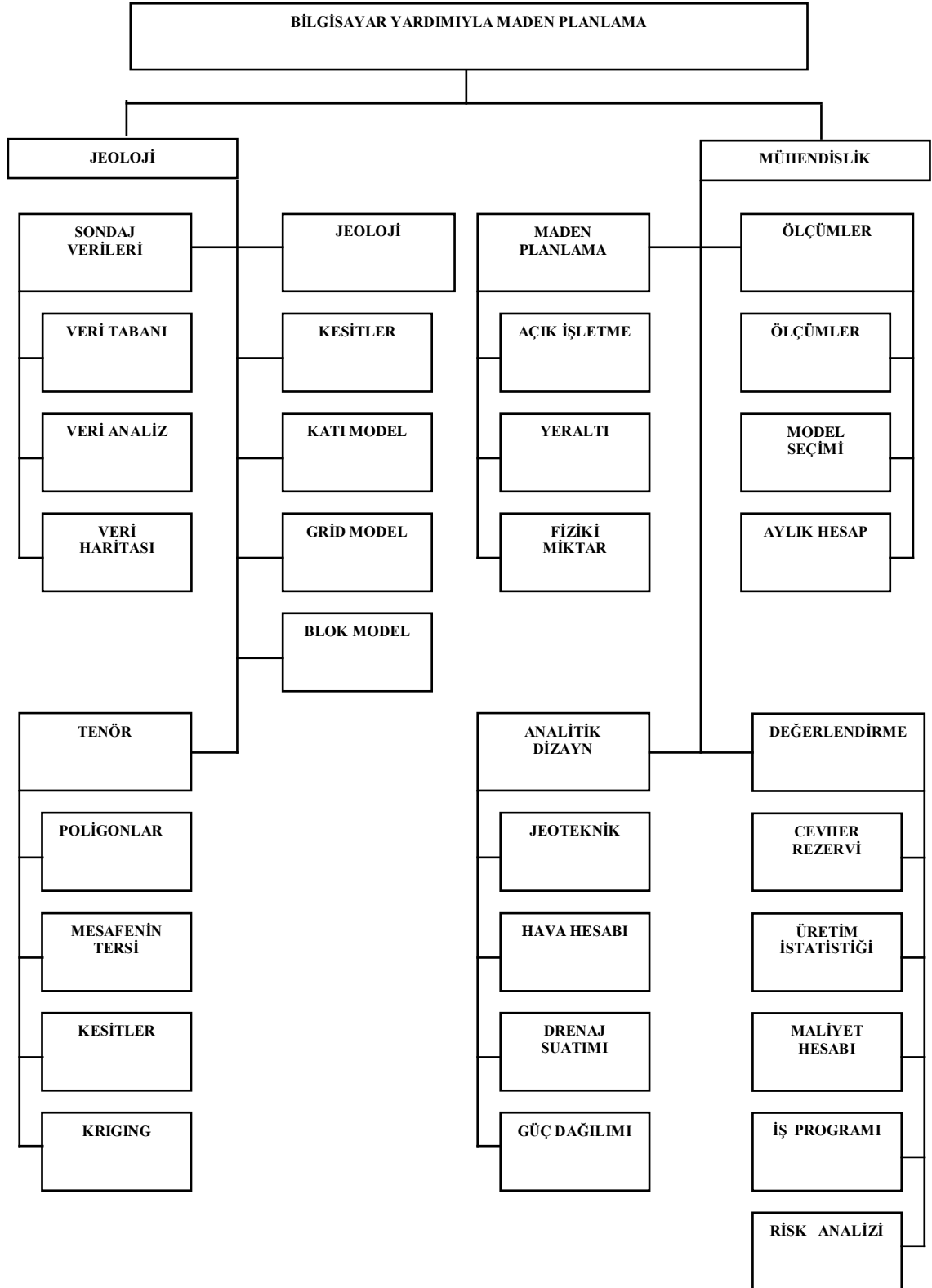
Madencilik Yazılımları 1980'li yıllarda ayrı ayrı kullanılırken, 1985 yılından itibaren sondaj veri tabanı, istatistik, jeostatistik, jeolojik modelleme, açık işletme sınırının bulunması, açık işletme dizaynı, yer altı dizaynı, maliyet analizleri gibi birçok yazılımların birleştirilmesiyle uzman yazılımlar haline gelmiştir. Günümüzde her çeşit maden yatağının üç boyutlu dizaynı yapılabilmektedir. Ayrıca cevher hazırlama ve zenginleştirme işlemlerinin de bilgisayarda modellemesini yapan yazılımlar da mevcuttur.

Dünyada yaygın olarak kullanılan madencilik yazılımlarını Surpac, Datamine, Vulcan, Lynx, Microlynx, Medsystem, PC Mine, Carlson, Earthworks, Gemcom, MineSuite, Micromine, MinCom, MineMap, Minex, Mintec, Rockmate, Runge Mining, Techbase, Rock Works, Whittle Programming olarak sıralayabiliriz.

2.5 Bilgisayar Yardımıyla Madencilik Planlaması Adımları

Madencilik faaliyetlerinin planlamasında öncelikle cevher yatağının rezervinin, kalite ve miktar olarak bilinmesi gerekir. Günümüzde cevher yatağının 3-B modelinin oluşturulmasıyla, cevher yatağının rezervi, kalite ve miktar olarak hesaplanabilmektedir.

Cevher yatağının 3-B modeli, cevher yatağının (i, j, k) gibi üç sayılı bir indeks sistemi ile belirtilen küçük soyut bloklara bölünmesi ile elde edilir. Bu blokların boyutları işletme şartlarına, cevherleşmeye ve sondajlar arası mesafeye bağlı olarak değişir. Bu şekilde boyutları belirlenen bloklara, sondaj ara değer kestirimi tekniklerinden biri kullanılarak jeolojik karakteristikler atanır. Böylelikle bilgisayar yardımı ile elde edilen bu blok model sayesinde, rezerv hesaplamalarından üretim planlamasına kadar her aşamada bilgisayar teknolojisinden yararlanılmasına olanak sağlanır.



Şekil 2.3 Madencilik faaliyetlerinin planlanması.

BÖLÜM ÜÇ

MADENCİLİK SEKTÖRÜNDE ARAMALAR VE PLANLAMA

3.1 Giriş

Madencilik genel olarak yer kabuğunda bulunan ve insanlığa gerekli olan minerallerin aranması, bulunarak çıkarılması gibi işlemleri kapsar. Gerek yeraltı gerekse açık maden işletmeciliğinde mineral üretimine geçmeden önce maden yatağında bazı aramalar yapılarak maden yatağının varlığı ve yaygınlığı saptandıktan sonra miktar, kalite yani rezerv ve tenör ile mineralin özelliği hakkında bilgi toplanır. Yatağın rezervi ve tenörü yeterli şekilde bilindikten sonra minerale olabilecek talep göz önünde bulundurularak senelik üretim, maden yatağının ömrü ve işletme için gerekli olacak yatırım miktarı saptanır. Madencilik yapmak için gerekecek yatırım miktarı çalışma şekline göre değişiklik gösterir.

Mineralin yeraltından çıkarıldığı gibi hiçbir işleme tabi tutulmadan satıldığı küçük boyutlu bir maden yatağı için yatırım; maden yatağının bulunduğu sahanın alınması, yol ve bina inşası ve donanımlardan ibaret iken, büyük boyutlu bir maden yatağı için bunlara ek olarak mineral zenginleştirme, izabe, işçi siteleri, demiryolu hatta liman inşası gibi yatırımlara gerek duyulabilir. Madencilikte yatırım büyük ve risk diğer sanayi dallarına kıyasla daha fazladır. Bu nedenlerle üretime geçebilmek için yapılacak arama faaliyetleri ve buna bağlı olarak yapılan planlama ve hazırlıkların önemi büyüktür.

3.2 Madencilikte Sondaj

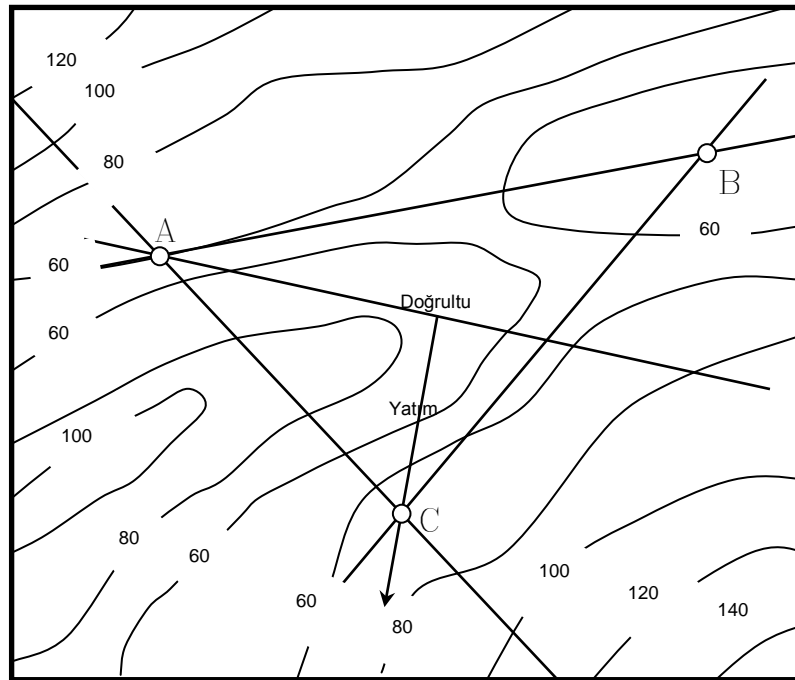
Gerçek bir sonuca; bir maden yatağının bulunduğu tahmin edilen arazide yani renk, şekil, döküntü vb. rastlandığı zaman yerüstünde açılan çukurlar, yarmalar ve kuyular, yeraltındaki kuyu ve galeriler ve sondaj gibi işler yapıldıktan sonra erişilebilir. Büyük çapta madencilik ve mostra vermeyen maden yataklarında sondaj

açılması zorunlu olmaktadır ayrıca arama ve araştırma işlerinde kuyu açılacak yerde sondaj yapılması daha ucuz olmakta ve sonuca daha hızlı ulaşmayı sağlamaktadır.

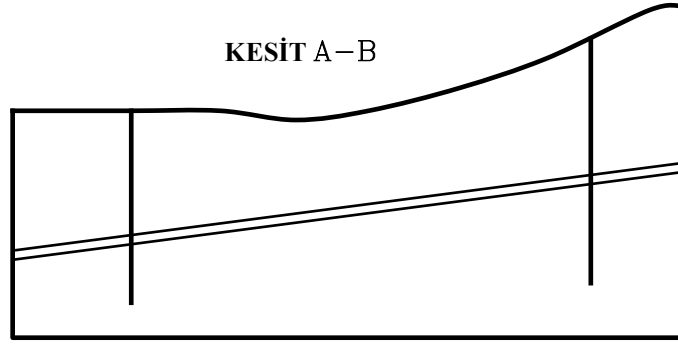
3.3 Sondaj Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Sondaj yapılarak maden yatağının derinliği, damar veya cevher kitlesinin kalınlığı, eğimleri ve yan taşların özelliği hakkında bilgi edinilir. Arazide yapılan sondajların yeri topoğrafik haritada işaretlendikten sonra birbirini takip eden sondajların arasında alınan kesitler çizilerek maden yatağı hakkında tam bir bilgi elde edilmeye çalışılır. Sondajlar damar halindeki bir maden yatağını, örneğin bir kömür damarını kesmişlerse, damarın kesilme derinliğine göre damarın doğrultusu ve eğimi bulunabilir (Saltoğlu, 1991).

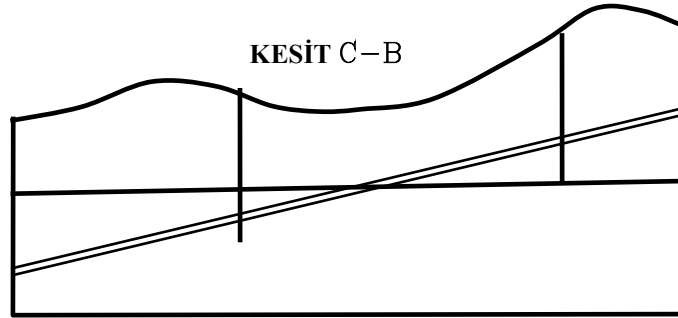
Damarda herhangi bir atım veya kıvrılma söz konusu olmazsa bu işlem için 3 adet sondaj yeterlidir.



Şekil 3.1 Damarın doğrultusu ve eğiminin bulunuşu.



Şekil 3.2 A-B Kesitinin alınması.



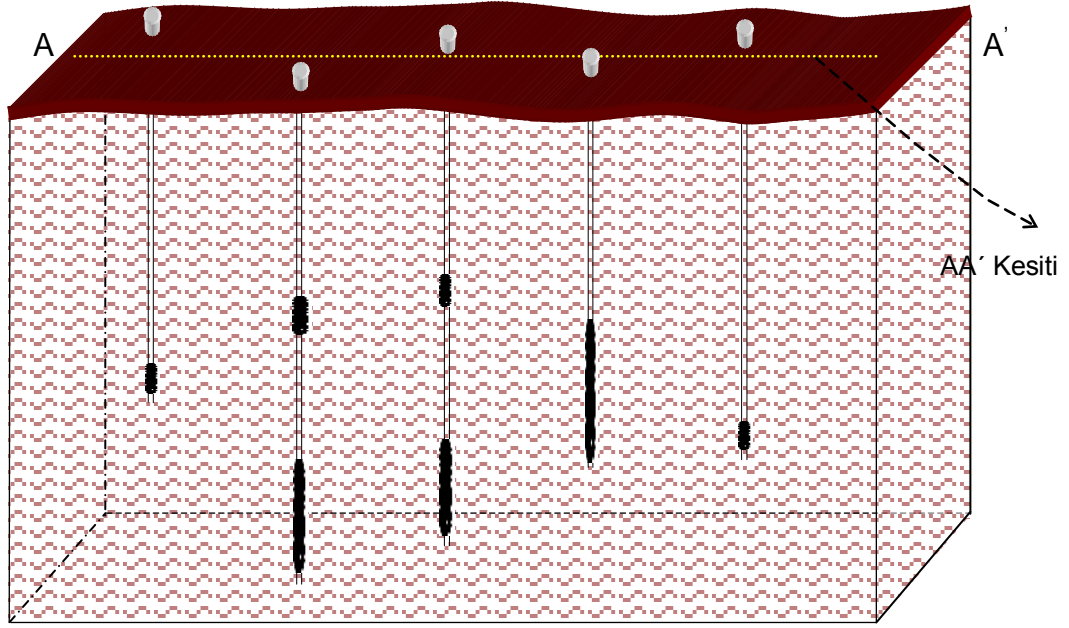
Şekil 3.3 C-B Kesitinin alınması.

Cevher adese veya kafa şeklinde görünüyorsa sistematik olarak yapılan sondajların cevheri kestiği yerler işaretlenerek sondajlar arasındaki cevherin durumu çizilebilir.

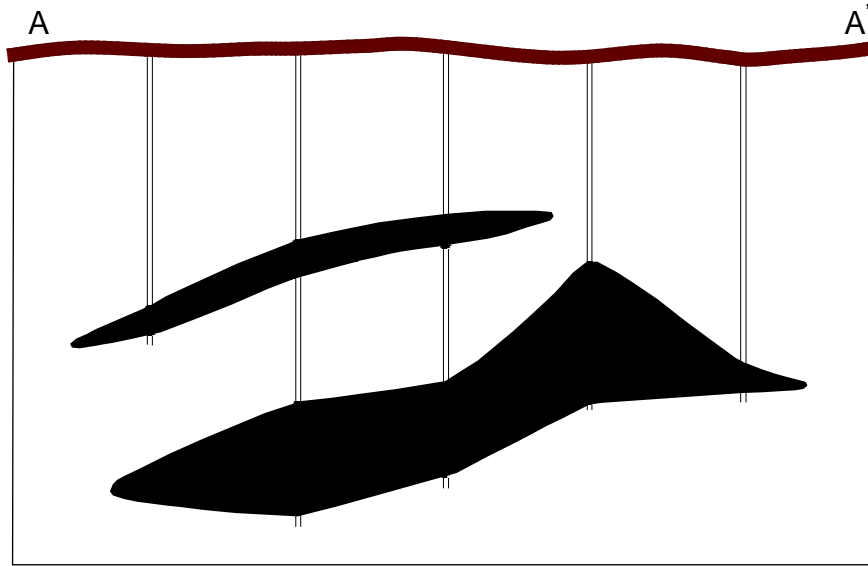
Damarda dalgalanmalar söz konusuysa, kesitler çizilerek dalgalanmalar saptanır. Bu durumda sondaj sayısının fazla olması gerekmektedir. Tabii bu tür yatakların yorumları yapılırken hata payları fazla olmaktadır (Saltoğlu, 1991).

Dalgalanma görülen damarlarda; damarın şeklini üç aşamada değerlendirmesini yaparsak

- Sondajlar arası uzaklığa bağlı olarak kesitlerin alınması (Şekil 3.4)
- Damarlanma yönü ve şeklinin tayini (Şekil 3.5)
- Kesitlerin birleştirilmesi (Şekil 3.6)

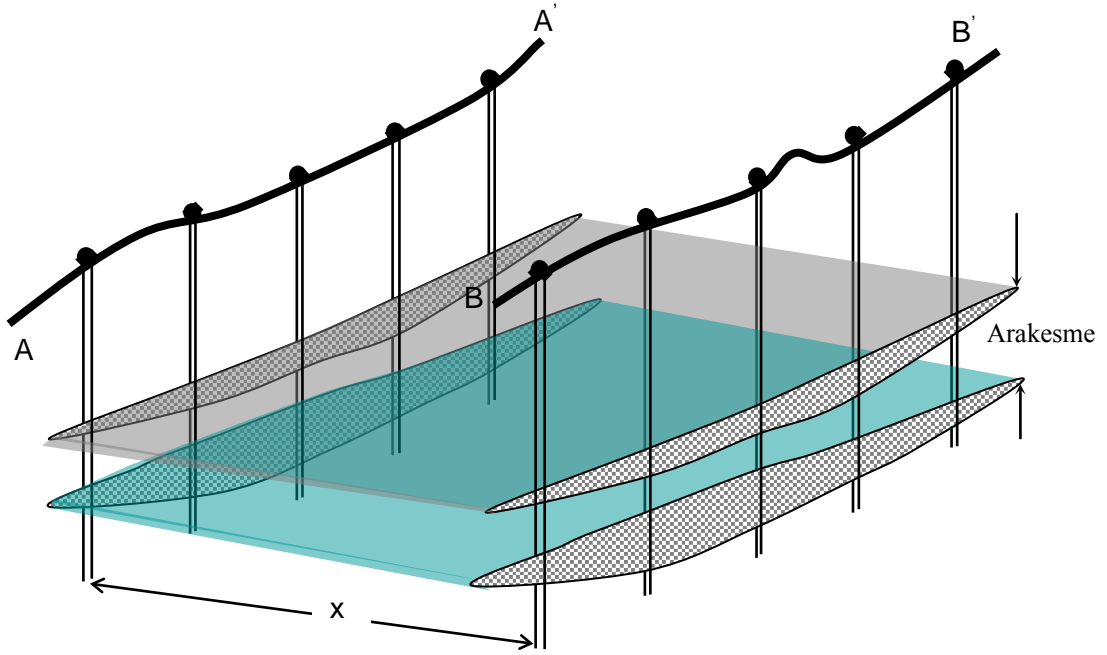


Şekil 3.4 Damar tipi yataklarda kesit alınması.



Şekil 3.5 Damar tipi yataklarda sondajların kesit üzerine taşınması.

Kesitler belirli aralıklarla alınır arakesmelere bağlı olarak damarlanma doğrultuları belirlenir ve diğer kesitlerdeki damarlanma doğrultusuna paralel olarak damarlar birleştirilir ve rezerv hesabı yapılır. Arakesme kalınlıkları az olan yataklarda arakesme üretim esnasında yapılabilecek selektif ayırmaya bağlı olarak rezerv içine katılabilir.



Şekil 3.6 Damar tipi yataklarda damarların birleştirilmesi.

3.4 Maden Yatağının Rezervi

Maden yatağının rezervi özellikle üretime geçebilmek için yapılacak yatırımların büyüklüğünü belirlemek açısından önemlidir. Bu yatırımlar yeraltı madenciliği için; gerekli olan galeri, kuyu açılması, makina yedek parça, malzeme stokları, yerüstü tesisleri; büro, sosyal tesisler, yollar; liman vb. tesisler ile açık işletme madenciliği için arazi ve bina istimlakları, yol güzergâhı, teçhizat alımı ve yatırımlardır. Rezerv miktarı bulunduktan ve yatağın ömrü belirlendikten sonra yapılacak yatırımların ve alınacak teçhizatın ömürleri yatağın ömrüne uygun olmalıdır. Yani maden yatağının ömrü tükendiği zaman teçhizatın da kendini amorti etmiş olması istenir. Bu durum teçhizatın farklı ömürlerinden dolayı tam anlamıyla uygulanabilmesi hemen hemen mümkün değildir. Dolayısıyla idame yatırımları adı altında ömrünü tamamlayan teçhizatın yerine yenisini almak gerekecektir. Genellikle yapılacak yatırımların değeri mevcut rezervin tümünü satış fiyatının %20'sini aşmayacak şekilde olmalıdır. Bu nedenden yüksek kaliteli bir maden yatağı rezerv yetersizliğinden değersiz olabilir (Saltoğlu, 1991).

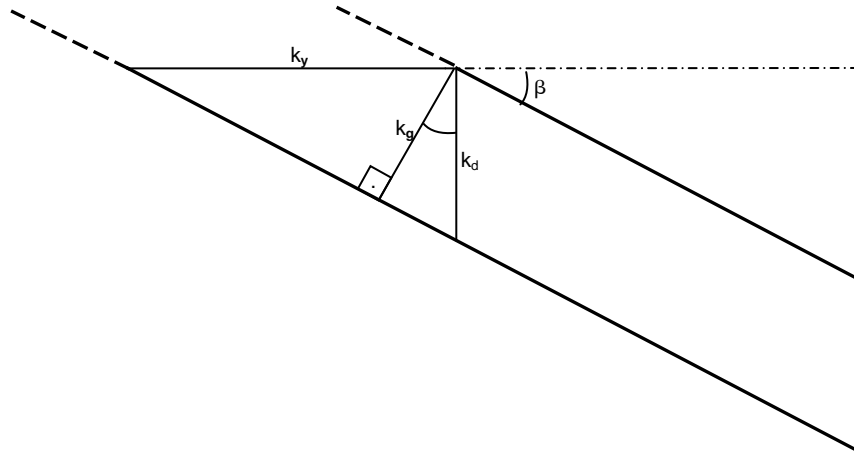
Rezerv hesabı, bütün bir yatak için rezerv ve ortalama tenörün hesaplandığı çalışmaları içerir ve fizibilite incelemesinin ilk ve en önemli adımını oluşturur. Doğru hesaplanmayan rezervler, maden yatağının yanlış bir şekilde işletilmeye alınmasına ya da ekonomik olduğu halde işletilmemesine yol açabilir. Bu bakımdan kullanılacak rezerv hesaplama yöntemini iyi seçmek gerekir.

Bu bölümde rezerv hesaplama yöntemlerine değinilecektir.

3.5 Damar Kalınlığının Bulunması

Belirli eğimi olan bir damarın 3 kalınlığı vardır.

Bu kalınlıklar; k_g : gerçek kalınlık,
 k_y : yatay kalınlık
 k_d : düşey kalınlık
 $k_g = k_d \cos\beta = k_y \sin\beta$ bağıntısıyla hesaplanır.

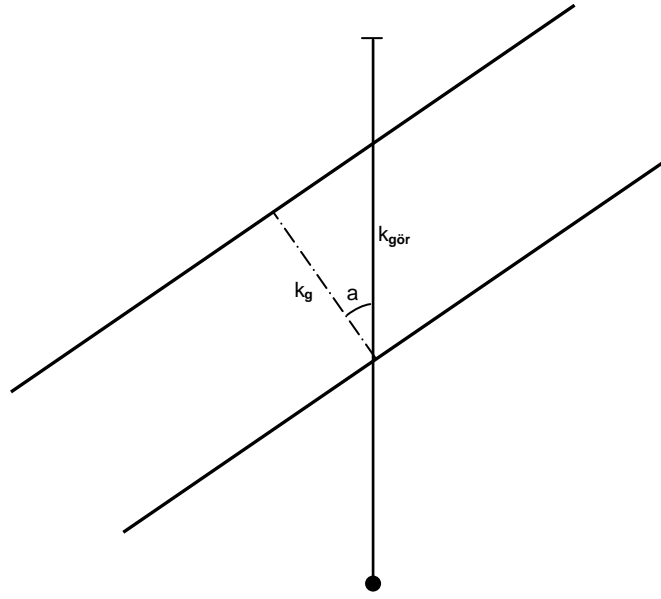


Şekil 3.7 Yatay, düşey ve gerçek kalınlıklar.

Damar kalınlığı doğrultuya çapraz bir açı ile ölçülecek olursa kalınlığı düzeltmek için görünür kalınlık $k_{gör} \cos a$ ile çarpılır.

$$k_g = k_{gör} \cos a$$

a : görünür kalınlık düzlemi ile doğrultuya dik düzlem arasındaki açı



Şekil 3.8 Damar kalınlığının doğrultuya çapraz olması.

Eğer kalınlık gerçek yatıma çapraz açı ile ölçülecek olursa, gerçek kalınlık k_g , yatay kalınlık k_y ve düşey kalınlık k_d , $\alpha = 0$ için

$$k_g = k_{g\text{ör}} \sin(\beta + \theta)$$

$$k_y = k_{g\text{ör}} \frac{\sin(\beta + \theta)}{\sin \beta}$$

$$k_d = k_{g\text{ör}} \frac{\sin(\beta + \theta)}{\cos \beta} \quad \text{bağıntılarıyla bulunur.}$$

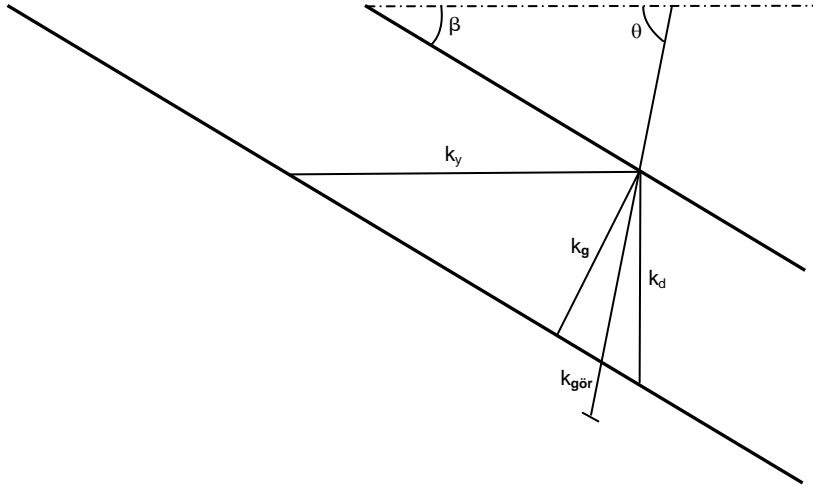
Burada;

θ : sondajın yatayla yaptığı açı yani sondajın eğim açısı

β : damarın yatım açısı

$k_{g\text{ör}}$: görünür kalınlık

Damar yatımının ve sondaj eğiminin uyumlu olmaması, yani damarı kesen sondajın doğrultuya ve yatıma çok keskin bir açı ile gelmesi gibi genel bir halde;



Şekil 3.9 Damar yatımı ve sondaj eğiminin uyumlu olmaması hali.

$$k_g = k_{g\text{ör}} \cos\beta \cos\theta (\cos\alpha \operatorname{tg}\beta + \operatorname{tg}\theta) \text{ veya}$$

$$= k_{g\text{ör}} (\cos\alpha \sin\beta \cos\theta + \cos\beta \sin\theta)$$

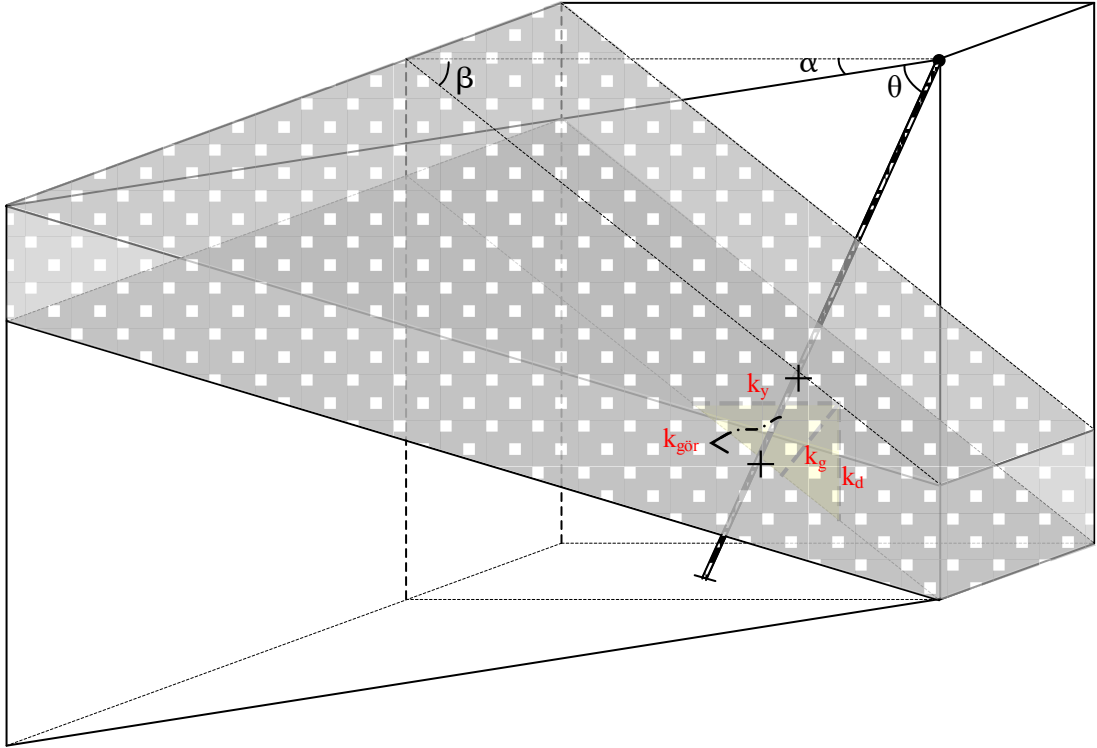
$$k_y = k_{g\text{ör}} (\cos\alpha \cos\theta + \operatorname{ctg}\beta \sin\theta)$$

$$k_d = k_{g\text{ör}} \cos\theta (\cos\alpha \operatorname{tg}\beta + \operatorname{tg}\theta)$$

α : sondajın bulunduğu düşey düzlemi ile doğrultu düzlemi arasındaki açı,

θ : damarı kesen sondajın eğim açısı.

Daha anlaşılır olması için anlatılanları blok diyagramında gösterirsek;



Şekil 3.10 Blok diyagramında damar kalınlığının bulunması.

3.6 Rezervin Hesaplanması

Maden yatağının rezervi, yatağın tespit edilen yüzeyi ile ortalama kalınlığının ve yoğunluğunun çarpımıyla bulunur. Hesapta esas olan belirli noktaları bilinen bir şeklin orta kısımlarını doldurmak ve dışarıya uzanımlarını düşünerek şekil ve hacim hakkında bir neticeye varmaktır. Burada önemli olan sondaj etki alanını kapsayan hacmi bulmaktır.

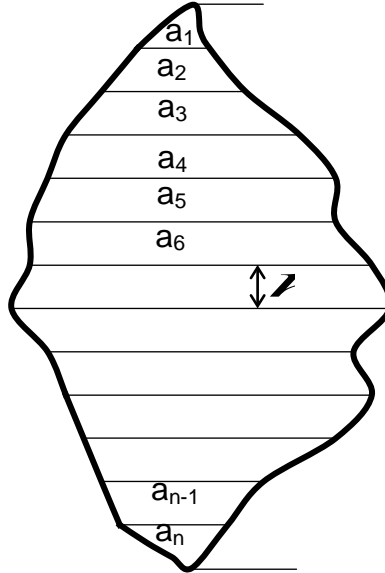
3.6.1 Kalınlık ve Alanın Bulunması

Bir yatağın değişik yerlerdeki kalınlıkları t_1, t_2, \dots, t_n ise ortalama kalınlık

$$t_{\text{ort}} = \frac{t_1 + t_2 + \dots + t_n}{n} \quad \text{aritmetik ortalama ile bulunur.}$$

Alan hesabı ise planimetre veya milimetrik kâğıt kullanılarak hesaplanır.

Yüzeyi eşit aralıklı paralel çizgilere bölerek meydana gelen yamukların toplam alanı bulunarak da hesaplanır.



Şekil 3.11 Yamuklara ayırma yöntemi ile alan bulunması.

Burada Alan;

$$S = \frac{a_1 + a_2}{2} h + \frac{a_2 + a_3}{2} h + \dots + \frac{a_{n-1} + a_n}{2} h$$

$$= h \left[\frac{a_1 + a_n}{2} + a_2 + a_3 + \dots + a_{n-1} \right]$$

3.6.2 Şekilsiz Bir Yatağın Rezervinin Bulunuşu

Herhangi bir geometrik şekle sahip olmayan bir bloğun rezervinin hesaplanmasında kesitlere ayırma yöntemi uygulanır. Kesitlere ayırma yöntemleri standart yöntem, lineer yöntem ve eşdeğer çizgiler yöntemi diye üç grupta incelenir (Saltoğlu, 2005 s. 70).

3.6.2.1 Standart Yöntemler

3.6.2.1.1 Ortalama Alan Eşitliği. Birbirine paralel iki kesitin arasında kalan hacmin, dolayısıyla rezervin hesaplanmasında en basit olan yol, ortalama alan eşitliğinin kullanılmasıdır.

V : Hacim (m³)

Q : Rezerv (ton)

g : Yoğunluk (ton/m³)

H : Kesitler arası mesafe (m)

A₁, A₂ : Birbirini takip eden kesitlerin alanları (m²)

Buna göre;

$$V_1 = \frac{A_1 + A_2}{2} H_1$$

$$Q_1 = V_1 \times g$$

Q₁ hesaplanan ilk rezervi temsil ettiği için toplam rezerv;

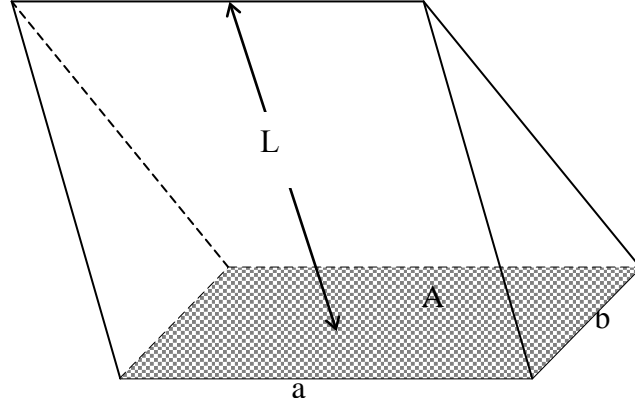
$$\sum_{i=1}^n Q = \left[\frac{A_1 + A_2}{2} H_1 + \frac{A_2 + A_3}{2} H_2 + \dots + \frac{A_{n-1} + A_n}{2} H_{n-1} \right] g \quad \text{formülüyle}$$

hesaplanır.

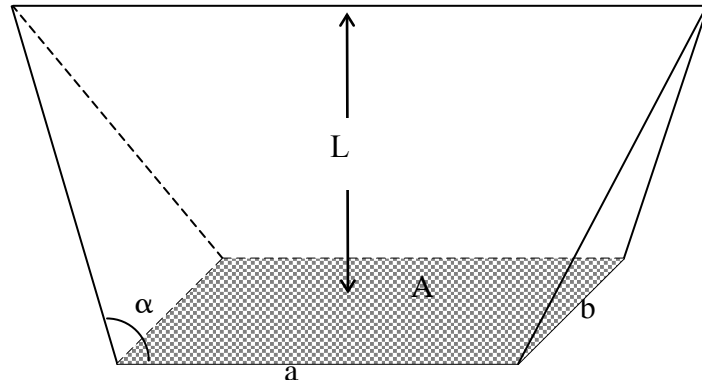
3.6.2.1.2 Piramid Eşitliği. Cevher yatağının şekli prizma veya koni şekillerinde olduğuna göre hacim, dolayısıyla rezerv hesabında aşağıdaki eşitlikler uygulanır.

$$\text{Yatak prizma şeklinde ise; } V = \frac{A}{2} H$$

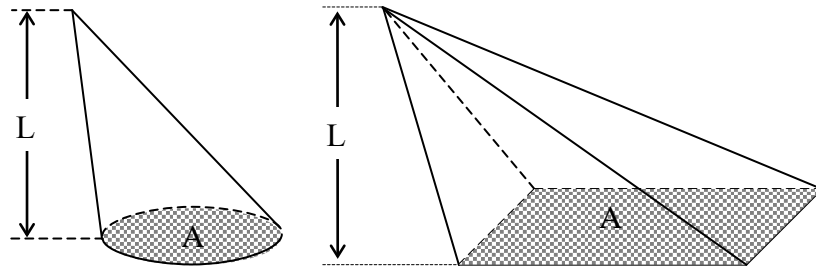
Yatak koni şeklinde ise; $V = \frac{A}{3}$ Heşitlikleri kullanılır.



Şekil 3.12 Prizma şeklinde yatak hacminin bulunması.

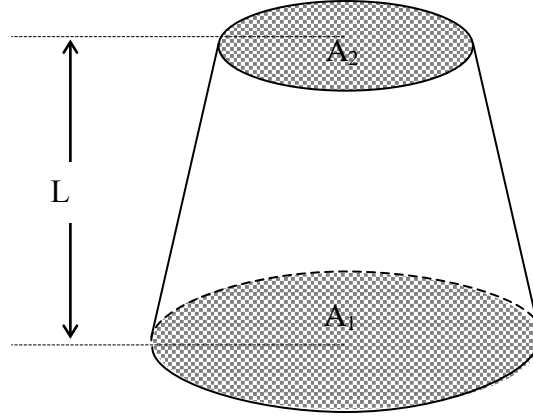


Şekil 3.13 Prizma şeklinde yatak hacminin bulunması.



Şekil 3.14 Koni şeklinde yatak hacminin bulunması.

3.6.2.1.3 *Kesik Koni Eşitliği*. Paralel yatay kesitlerin alanları A_1 ve A_2 ise cevher bloğunun hacmi



Şekil 3.15 Kesik koni şekilli yatak hacminin bulunması.

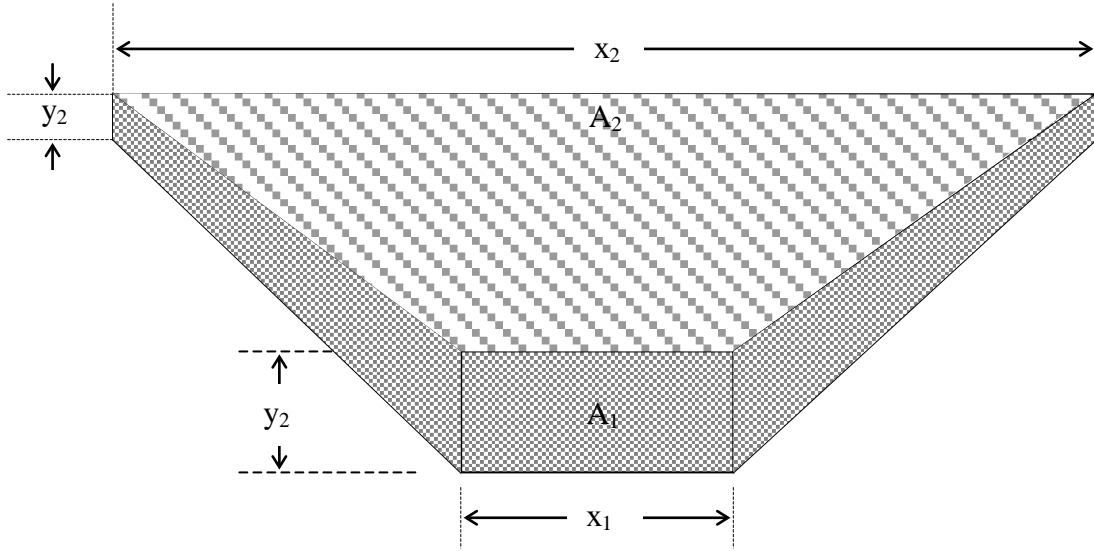
$$V = \frac{L}{3} (A_1 + A_2 + \sqrt{A_1 A_2})$$

3.6.2.1.4 *Prizmatik Eşitlik*. Yatak muntazam olmayan bir şekilde ise bu muntazam olmayan alanlar, muntazam hale getirilerek bulunan şekilden Simpson eşitliğinden türetilen

$$V = (A_1 + 4c + A_2) \frac{L}{6}$$

Eşitliği uygulanarak rezerv hesaplanır. Burada c , A_1 ve A_2 kesitleri arasındaki ortalama alanı göstermekte olup değeri;

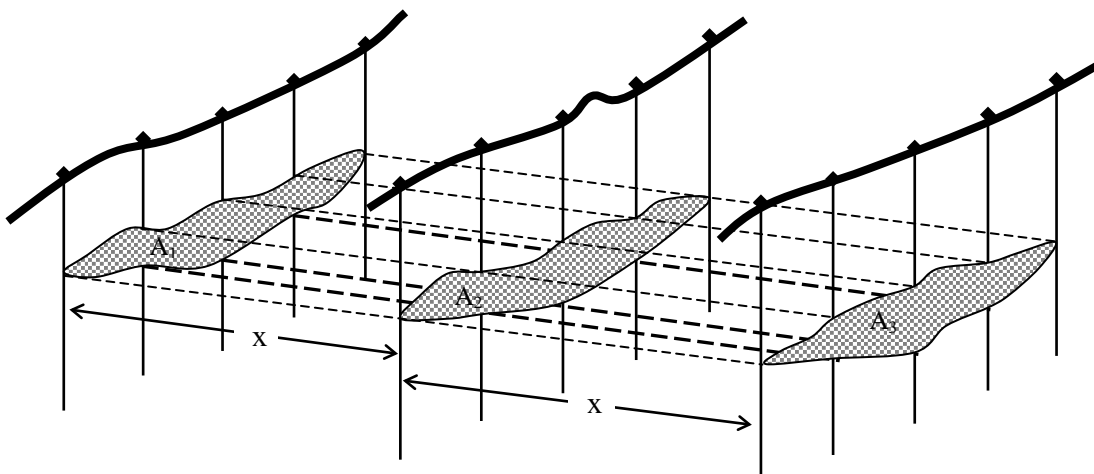
$$c = \frac{(x_1 + x_2)}{2} + \frac{(y_1 + y_2)}{2} \text{ dir.}$$



Şekil 3.16 Muntazam olmayan yatak hacminin bulunması.

3.6.2.2 Lineer Yöntemler

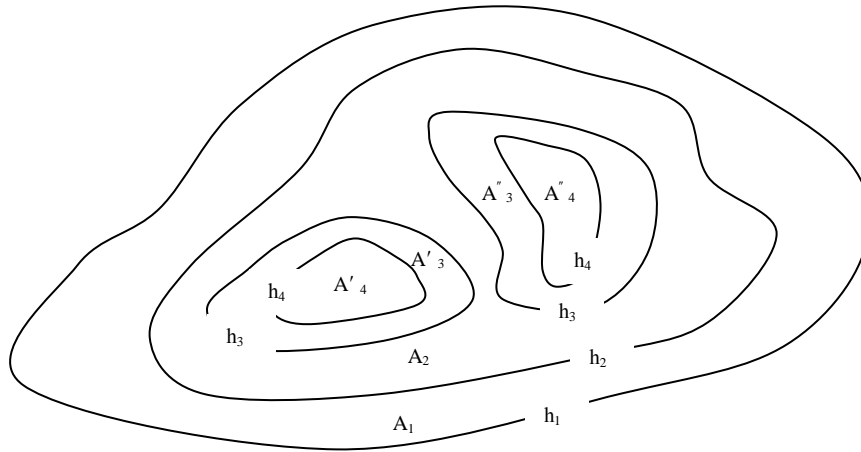
Yöntemin esası birbirine paralel düşey kesitlerin alanlarının bulunması ve kesitler arasındaki uzaklıklara göre cevher yatağının hacminin, dolayısıyla rezervin hesaplanmasıdır. Lineer yöntem özellikle aramaların kademeler halinde yapıldığı plaser maden yataklarının rezervinin hesaplanmasında uygulanır (Saltoğlu, 2005 s. 72).



Şekil 3.17 Birbirine paralel düşey kesitlerin birleştirilmesi.

3.6.2.3 Eşdeğer Çizgiler Yöntemi

Yöntemin esası cevher kitlesinin aynı düzeydeki kısımlarının işaretlenmesiyle bulunan eşdeğer çizgilerin arasında kalan hacimlerin hesaplanmasıdır (Saltoğlu, 2005 s. 72).



Şekil 3.18 Eşdeğer çizgiler yöntemi.

A_2 alanı üzerinde kalan A'_3 ve A''_3 kısmının hacmi

$$V = h \frac{A_2 + (A'_3 + A''_3)}{2} \text{ olacaktır.}$$

h eşdeğer çizgileri arasındaki uzaklıktır.

A_3 alanlarının üzerindeki kısmın hacmi ise;

$$V = \frac{h}{2} [(S'_3 + S''_3) + (S'_4 + S''_4)] \text{ olacaktır.}$$

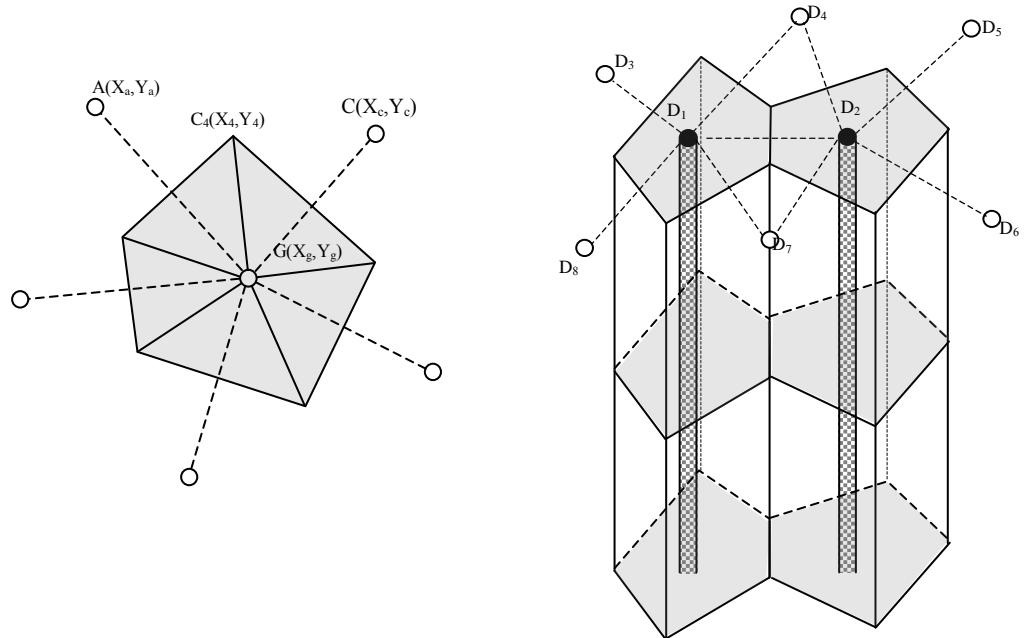
3.6.3 Sondajların Cevheri Farklı Derinliklerde Kesmesi

Şayet açılan sondajlar cevheri farklı derinliklerde keserse, cevherin hacmi veya ağırlığının hesaplanmasında değişik yöntemlerin uygulanması zorunluluğu vardır.

3.6.3.1. Poligon Yöntemi

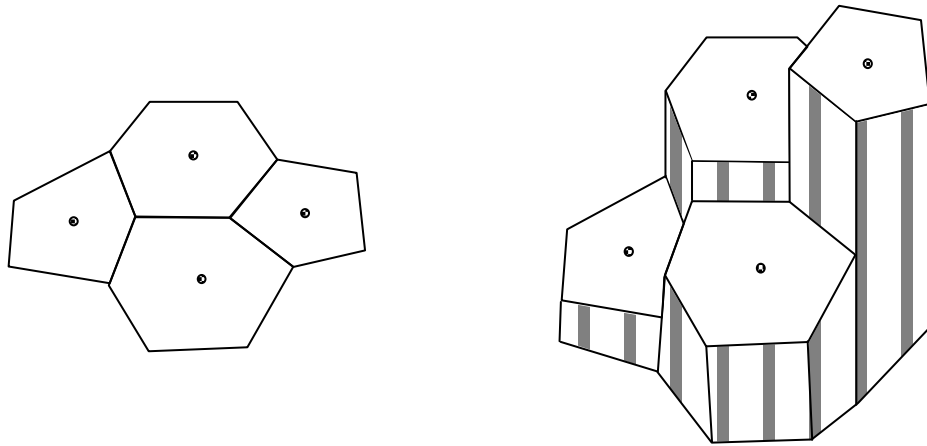
Kullanılan en eski rezerv hesaplama yöntemlerinden biridir. Yöntemde her sondajın etki alanı, komşu sondajlar arasındaki doğruların orta dikmelerinin kesişerek oluşturdukları poligonlardır. İki boyuttaki bu poligonlar, üç boyutta poligon prizmaları oluşturur. Poligon prizmaların boyları değişken olup sondaj deliklerinden alınmış numuneler tarafından belirlenir. Bu yöntemde açılan sondajların etki alanları çokgen prizmalara ayrılmış gibi düşünülür. Burada dikkat edilecek husus poligonları oluşturabilmek için sondajları birleştiren üçgenlerin dar açılı olmasıdır. Poligon yöntemi kullanılarak bilgisayar ile rezerv hesapları aşağıdaki sıra ile yapılır (Yıldız ve Günçer, 1995 s. 45).

- Poligonların belirlenmesi,
- Alanların hesaplanması,
- Prizmaların belirlenmesi,
- Tenörlerin belirlenmesi,
- Rezervin hesaplanması.



Şekil 3.19 Poligonların oluşturulma aşamaları.

- Poligonlar sondaj koordinatlarından yaralanılarak çizilir, (Şekil 3.18)
- Poligon belirlendikten sonra poligon alanı üçgenlere bölünerek hesaplanır,
- Oluşturulan poligon prizmaların yüksekliği sondajdan alınan numunelerin aralıkları kadardır,
- Poligon prizmanın içinden geçen sondajın numune değeri poligon değerini oluşturur,
- Prizmaların hacimleri ve değerleri belirlendikten sonra rezerv hesaplanır.



Şekil 3.20 Oluşturulan poligonların son hali.

Poligonların toplam alanı $\sum_{i=1}^n A$ ve toplam hacmi $\sum_{i=1}^n V$ olduğuna göre ortalama kalınlık;

$$t_{\text{ort}} = \frac{\sum_{i=1}^n V}{\sum_{i=1}^n A}$$

olarak hesaplanır. Burada cevher rezervi ise prizmaların teker teker

rezervlerinin toplamı olarak

$$\sum_{i=1}^n C$$

çeşitliğinden bulunur.

3.6.3.2. Üçgen Yöntemi

Bu yöntemde sondaj delikleri birbirleri ile birleştirilerek üçgenler oluşturulur. Üçgenin köşelerindeki sondaj tenör değerlerinin aritmetik ortalaması üçgenin tenör değerini belirler. Üçgen prizmaların yüksekliği de sondajlardan alınan numune derinliklerine bağlıdır. Üçgen yöntemiyle rezerv hesaplama poligon yöntemine benzer. Bu yöntemdeki sıra şu şekildedir (Yıldız 1981).

- Üçgenlerin belirlenmesi,
- Alanların hesaplanması,
- Prizmaların oluşturulması,
- Prizma tenörlerinin tesbiti,
- Rezerv hesabının yapılması.

Bu yöntemde cevher kitlesi, üçgen prizmalara ayrılarak hesap yapılır. Üçgenin üç köşesindeki kalınlıklar k_1 , k_2 , k_3 ve üçgenin alanı A ise cevher hacmi

$V = \frac{1}{3}(t_1 + t_2 + t_3)A$ olur. Bu şekilde hesaplanan alan ve hacimlerden cevher kitlesinin ortalama kalınlığı

$t_{\text{ort}} = \frac{\sum_{i=1}^n V}{\sum_{i=1}^n A}$ formülü ile bulunur. Rezerv ise $\sum_{i=1}^n C$ formülünden çeşitli ünitelerdeki

rezervlerin $i=1$ ayrı ayrı toplamı olarak bulunur.

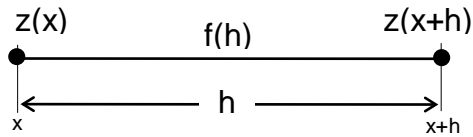
3.7 Jeostatistiksel Rezerv Hesabı

Jeostatistiksel rezerv hesabı diğer yöntemlere göre rezervleri en az hata ile hesapladığından ve ayrıca yapılan hatanın büyüklüğüne ilişkin bilgiler verdiği için rezerv hesaplama yöntemlerinin en önemlisidir. Ve alınan sonuç diğer yöntemlere göre en doğru sonuçtur. Aşağıda örneklerle açıklanacaktır.

3.7.1 Rezerv Hesabında Uzaklığa Bağlı İlişki Kavramı

Maden yataklarının değerlendirilmesinde kullanılan tenör, kalınlık gibi değişkenler belirli bir bölgeye özgüdür. Ve bölgesel değişken olarak adlandırılır. Bölgesel değişkenler uzaklığa bağlı ilişki gösterir. Uzaklığa bağlı ilişki, tenör yada kalınlık değerlerindeki farkların uzaklığa bağlı değişimi olarak tanımlanabilir.

Şekil üzerinde açıklarsak;



Şekil 3.21 Bölgesel değişkenlerin uzaklığa bağlı ilişkisi

$z(x)$: Bir maden yatağının herhangi bir x noktasındaki tenör değeri

$z(x+h)$: $z(x)$ den h uzaklıktaki bir noktanın tenör değeri

$f(h)$: Tenör değerleri arasındaki fark $f(h)=z(x+h)-z(x)$

Damar içerisindeki lokasyonlar birbirine ne kadar yakın olursa özelliklerinin o kadar yakın olması beklenir yani h uzaklığı arttıkça tenör değeri arasındaki farkın artması, uzaklık azaldıkça farkın azalması gerekir.

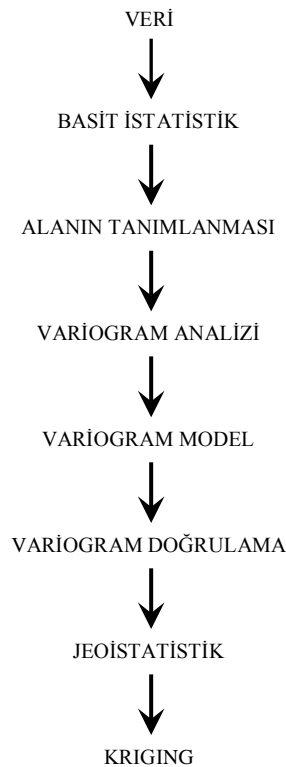
$f(h)$ fonksiyonunun, modellemenin rezerv hesabında önemi büyüktür. Eğer $x+h$ noktasındaki $z(x+h)$ tenörünü ve $f(h)$ fonksiyonunu kullanarak $z(x)$ tenörünü hesaplamamız mümkündür.

Diğer yöntemlerde $f(h)$ fonksiyonunun değeri sıfır kabul edilmekte noktalar arasındaki uzaklık önemini yitirmektedir.

Poligon yönteminde; x sondajına ilişkin poligon alanı içinde herhangi bir noktadaki tenör yada kalınlık değerinin x noktasındaki değere eşit olduğu varsayılır.

Üçgen yönteminde; üç adet sondajdan oluşan üçgeni göstermekte ve üçgenin köşelerindeki sondajların ortalama tenör ya da kalınlık değerinin üçgenin herhangi bir noktasındaki değere eşit olduğu varsayılmaktadır. Kesit yönteminde de aynı mantık söz konusudur. Fakat tenör yada kalınlıkların ilgili hesaplama alanı içinde değişmediği varsayımı gerçekçi bir varsayım değildir ve tenör değerindeki farkların uzaklığa bağlı bir modelinin oluşturulmasında en geçerli yaklaşım ilgili yatağın verilerini kullanan ve yatağın özelliklerini yansıtan jeostatistiksel yaklaşımdır (Tercan, 2005 s. 91).

Jeoistatistiksel yaklaşım aşağıdaki adımları içermektedir.



Şekil 3.22 Jeostatistiksel yaklaşım adımları.

3.7.2 Uzaklığa Bağlı İlişkinin Ölçülmesi ve Modellenmesi

3.7.2.1 Variogram

Jeoistatistik olarak bilinen rezerv hesaplama yöntemi, uzaklığa bağlı ilişkinin modellenmesine dayanır. Bir maden yatağının değerlendirilmesinde baz alınan değişkenin değerleri arasında uzaysal korelasyonu veren ve bunu miktar olarak belirten bir fonksiyondur ve jeoistatistiğin temel ögesidir. Kriging yönteminin uygulanabilmesi için önceden variogram modelinin belirlenmiş olması gerekir. Variogram çizildiğinde maden yatağı hakkında şu bilgiler elde edilir.

- Mineralizasyonun sürekliliği;
- Etki alanı;
- Etki alanının yönlere göre değişimi.

Bu özellikler birbirinden h kadar uzaklıktaki bölgesel değişkenler arasındaki benzerlik ve farklılıklar incelenerek elde edilir. Başka bir ifadeyle bölgesel değişkenin değeri arasındaki farklar $z(x)-z(x+h)$, değişkenin h uzaklığındaki benzerlik derecesini ortaya koyar. Bir maden yatağında aralarında h uzaklığı olan birden çok örnek çifti tanımlamak mümkündür. Böyle çok sayıdaki farkın ortalaması, uzaklığa bağlı değişkenliğin bir ölçüsü olarak alınabilir (Tercan, 2005 s. 91).

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

Bu eşitlikte n; aralarındaki uzaklığın h olduğu örnek çifti sayısıdır. Bununla birlikte bu ölçü, uzaklığa bağlı değişkenliğin mutlak bir ölçüsü değildir ve bunun yerine farkların kareleri kullanılır.

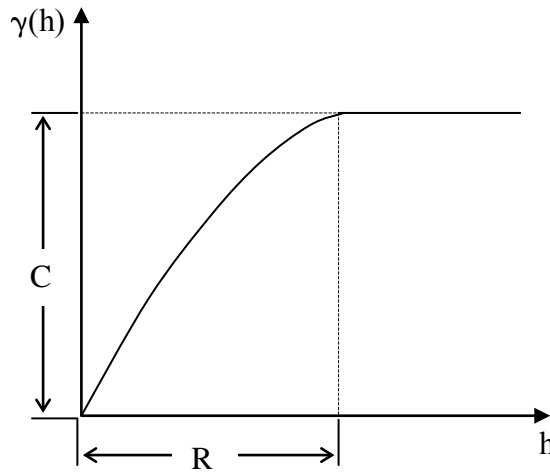
$$f(h) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [z(x) - z(x+h)]^2$$

Bu fonksiyonun değeri, farklı h uzaklıkları için hesaplanabilir. Buradan tenör değerlerindeki farkların uzaklığa bağlı değişimi incelenebilir.

Burada $f(h)$ fonksiyonu, variogram adını alır ve

$$2\gamma(h) = \frac{1}{n(h)} \sum_{i=1}^{n(h)} [z(x) - z(x+h)]^2 \quad \text{bağıntısıyla hesaplanır.}$$

Buradan farklı h uzaklıkları için elde edilen grafiğe teorik bir variogram modeli uydurulur ve kriging hesaplarında bu model kullanılır. Ancak her analitik fonksiyon bir variogram modeli olarak alınmaz. Variogram modeli olarak kullanılacak fonksiyonun pozitif tanımlı olması gerekir. Bu rezerv hesabında negatif varyanslar ve çözümü olmayan sistemlerle karşılaşmamak için zorunlu bir gerekliliktir. Küresel Model; Bunlar içinde en tipik olanıdır.



Şekil 3.23 Küresel variogram modeli.

C : Variogramın eşik (sill) değeri

R : Uzaklığın variogramla aynı değere ulaştığı değere denir. (Etki mesafesi, Range)

Zengin ve yoksul bölgeler şeklinde yapılanma gösteren bir bölgesel değişken, genel olarak küresel tipte bir variogram modeli üretir. Variogramın eşik değeri (C)

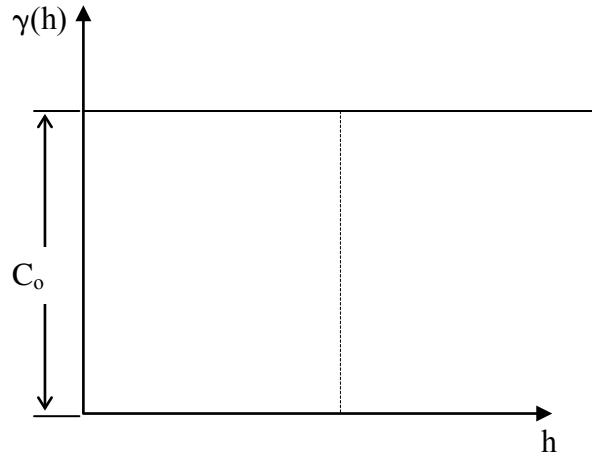
varyansa eşittir. Yapısal uzaklık ise bölgesel değişkenin yapı gösterdiği uzaklığa karşılık gelir. Bu uzaklıktan sonra bir değer diğerini üzerinde hiçbir etkisi yoktur. Pratikte yapısal uzaklık bir sondajın etki alanına eşittir. Bu model matematiksel olarak (Tercan, 2005 s. 94).

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

şeklinde ifade edilir.

3.7.2.2 Külçe Etki Modeli

Bu model bir lokasyondan diğerine ani olarak değişen bir bölgesel değişkenin davranışını temsil eder. Kuramsal olarak $h=0$ olduğunda variogramın değeri sıfıra eşittir. Bununla birlikte, uzaklığa bağlı değişimin verilerden belirlenebileceği sınır bir uzaklık vardır. Bu sınır uzaklık bütün mevcut örnekler içinde birbirine en yakın iki örnek arasındaki uzaklıktır. Pratik olarak, bu uzaklıktan daha küçük uzaklıklarda, bölgesel değişkenin değerleri arasındaki farkın değişimi veri olmadığından belirlenemez ve bu durum variogramın orijininde bir süreksizliğe yol açar. Orijindeki süreksizliğin diğer bir nedeni de örnekleme ve analiz hatalarıdır. Eğer aynı bir noktadan iki örnek almak mümkün olsaydı bu örneklerin değerleri arasında örnekleme ve analiz hatalarından dolayı bir fark olurdu. Süreksizliğin bu iki kaynağını birbirinden ayırt etmek mümkün değildir ve variogramda bu durum külçe etkisi (C_0) olarak açığa çıkar (Tercan, 2005 s. 95).



Şekil 3.24 Külçe etki modeli.

Bu model matematiksel olarak;

$$\gamma(h) = 0, \quad h = 0$$

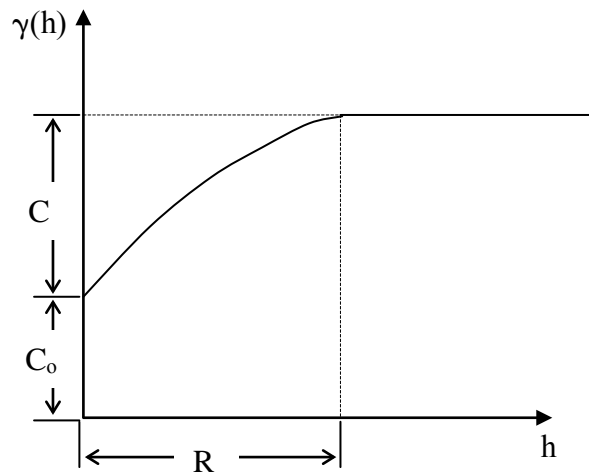
$$\gamma(h) = C_0, \quad h > 0$$

şeklinde ifade edilir.

C_0 : Külçe etki değerini göstermektedir (Varioqram değerinin $h=0$ uzaklığındaki değerine denir).

3.7.2.3 Yuvalı Yapı Modeli

Pratikte asıl karşımıza çıkacak olan bu modeldir. Bu model küresel varioqram ve külçe etkisi modelinin birleşimidir.



Şekil 3.25 Yuvalı yapı modeli

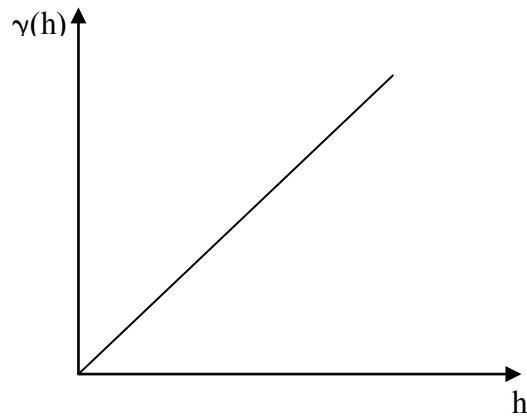
Bu model matematiksel olarak;

$$\begin{aligned} \gamma(h) &= 0 & \mathbf{h} &= 0 \\ \gamma(h) &= C_0 + C \left[\frac{3h}{2a} - \frac{1}{2} \left(\frac{h}{a} \right)^3 \right] & \mathbf{h} &\leq a \\ \gamma(h) &= C_0 + C & \mathbf{h} &> a \end{aligned}$$

şeklinde ifade edilir.

3.7.2.4 Doğrusal Model

Eğer bölgesel değişken sürekli bir şekilde artıyor ya da azalıyorsa variogram doğrusal bir model ile temsil edilir.



Şekil 3.26 Doğrusal model.

Bu model matematiksel olarak;

$$\begin{aligned} \gamma(h) &= 0, & \mathbf{h} &= C \\ \gamma(h) &= k \times h, & \mathbf{h} &\neq C \end{aligned}$$

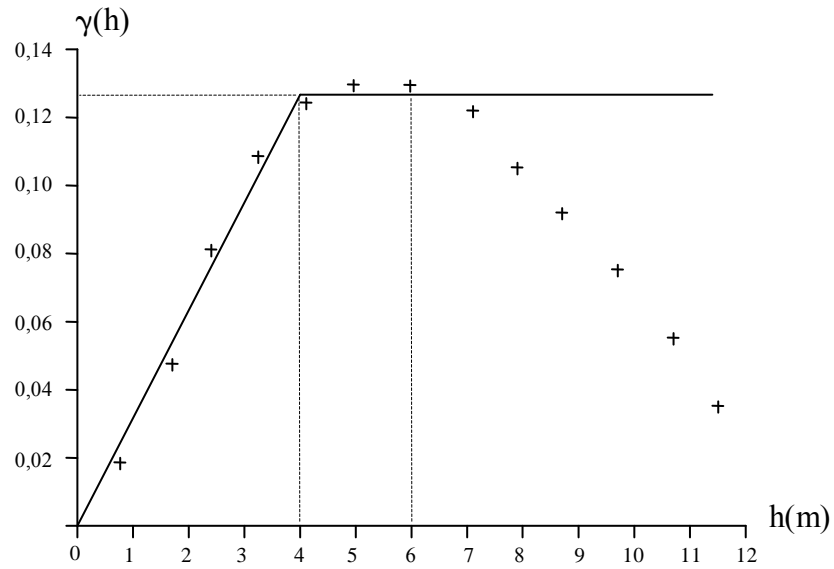
k : doğrunun eğimidir.

şeklinde ifade edilir.

En basitinden bir variogram modeli üç parametre ile tanımlanır.

- Yapısal uzaklık (R),
- Külçe etkisi (C_0),
- Eşik değeri (C).

Hesaplanan variogram için bir model seçildikten sonra bu üç parametrenin belirlenmesi gerekir. Buna ilişkin jeostatistikte kullanılan standart bir yöntem yoktur. Bununla birlikte ağırlıklı en küçük kareler yöntemi ve çapraz doğrulama teknikleri yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Örnek verilirse;



Şekil 3.27 Kalınlık variogramına uyarlanan model.

Bu variogram dört metreye kadar doğrusal bir model oluşturup dört metreden sonra artışını durdurup altı metreye kadar aynı değerleri almakta ve daha sonra düşmeye başlamaktadır. Bu durumda küresel model seçilip

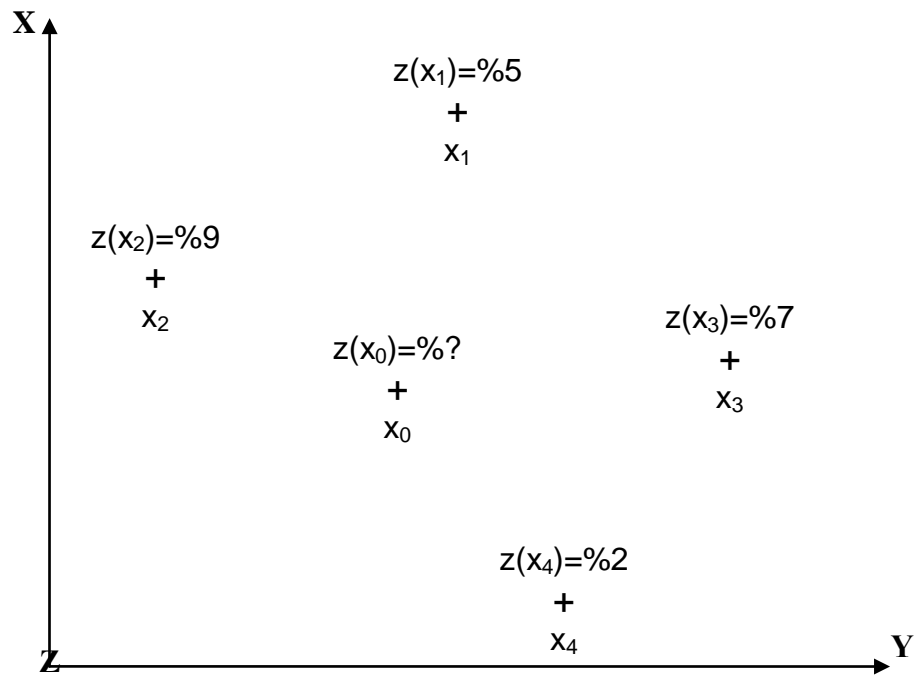
$$C_0 = 0 \quad C = 0,128 \quad R = 5m$$

alınabilir.

3.7.2.5 Kriging

Variogram fonksiyonu, bölgesel değişkenin çeşitli özelliklerinin sayısal olarak belirlenmesi yanında, örneklenmemiş noktalardaki bilinmeyen değerlerin kestirimi amacıyla kullanılabilir (Tercan, 2005 s. 97).

Bunu bir örnek üzerinde gösterirsek;



Şekil 3.28 Bir noktadaki değerin diğer noktalardan kestirimi

Genel olarak kestirim işlemi, bilinen değerlerin ağırlıklı ortalaması alınarak yapılır. Matematiksel olarak bu,

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

şeklinde ifade edilir.

$Z^*(x_0)$: X_0 noktasında bilinmeyen ve kestirilen değerdir.

$Z(x_i)$: X_0 noktasının kestiriminde kullanılacak verilerdir

λ_i : Verilere atanacak ağırlıkları ifade eder.

Normal olarak X_i , $i=1, \dots, n$ noktalarındaki değişkenin değerleri bellidir. Ancak bunlara verilecek ağırlıkları hesaplamak gerekir. Jeostatistikte bu ağırlıklar, kestirim hatalarının ortalaması sıfır ve varyansı en küçük olacak şekilde belirlenir. Ağırlıkların bu koşullar altında belirlenmesi işlemine kriging adı verilir.

Koşul 1 : Yansızlık koşulu;

$\text{Ort}[Z(x_0) - Z^*(x_0)] = 0$ bu ifade kestirim hatalarının ortalamasının sıfır olduğu anlamına gelmektedir.

İşlemi genişletirsek;

$$\begin{aligned} \text{Ort}[Z(x_0) - Z^*(x_0)] &= \text{Ort}\left[Z(x_0) - \sum_{i=1}^n \lambda_i Z(x_i)\right] = 0 \\ &= \text{Ort}[Z(x_0)] - \sum_{i=1}^n \lambda_i \text{Ort}[Z(x_i)] \end{aligned}$$

$$\text{Ort}[Z(x_0)] = \mu \quad \text{dersek} \quad = \mu - \sum_{i=1}^n \lambda_i \mu = 0$$

$$\mu = \sum_{i=1}^n \lambda_i \mu \Rightarrow \sum_{i=1}^n \lambda_i = 1 \quad \text{elde edilir.}$$

μ = yatağın ortalamasını ve ağırlıklar toplamını ifade etmektedir.

En küçük varyans koşulu, hata varyansı

$$\text{Var}[Z(x_0) - Z^*(x_0)] = \text{Ort}[Z(x_0) - Z^*(x_0)]^2$$

İfadesini yansızlık koşulu altında minimize edersek

$$\sum_{i=1}^n \lambda_i \gamma(x_i - x_j) + m = \gamma(x_0 - x_j) \quad j=1, 2, \dots, n$$

$$\sum_{i=1}^n \lambda_i = 1$$

Sisteminde $\gamma(x_i - x_j)$; x_i ve x_j noktaları arasındaki uzaklığa karşılık gelen variogram değerini m ise minimizasyondan gelen bir sabiti göstermektedir. Bu sistemi daha açık hale getirirsek;

$$\begin{pmatrix} \gamma(x_1 - x_1) & \gamma(x_1 - x_2) & \cdot & \gamma(x_1 - x_n) & 1 \\ \gamma(x_2 - x_1) & \gamma(x_2 - x_2) & \cdot & \gamma(x_2 - x_n) & 1 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \gamma(x_n - x_1) & \gamma(x_n - x_2) & \cdot & \gamma(x_n - x_n) & 1 \\ 1 & 1 & \cdot & 1 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \cdot \\ \lambda_n \\ m \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \gamma(x_0 - x_1) \\ \gamma(x_0 - x_2) \\ \cdot \\ \gamma(x_0 - x_n) \\ 1 \end{pmatrix}$$

matrisini oluştururuz.

$Z(x_0)$ herhangi bir kestirim yöntemiyle hesaplandığında yapılan hatanın varyansı

$$\sigma^2_K$$

$$\sigma^2_K(x_0) = 2 \sum_{i=1}^n \lambda_i \gamma(x_0 - x_i) - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \lambda_i \lambda_j \gamma(x_i - x_j)$$

şeklinde olur.

Kestirim yöntemi kriging olduğunda hata varyansı adını alır ve kriging varyansı aşağıdaki eşitlik ile hesaplanır.

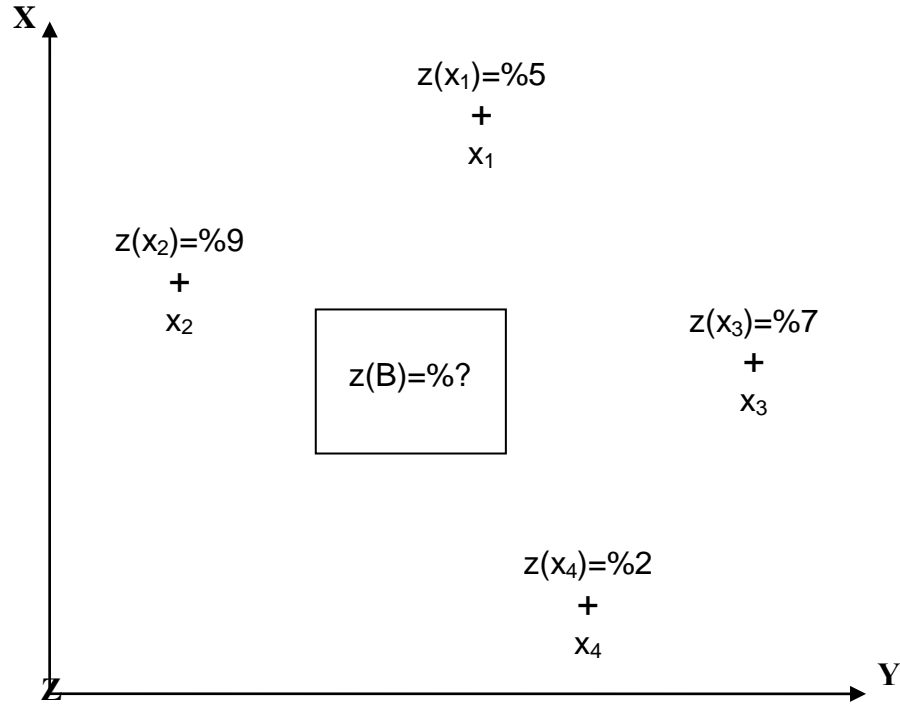
$$\sigma^2_K(x_0) = \sum_{i=1}^n \lambda_i \gamma(x_0 - x_i) + m$$

Kriging yöntemi ile kestirimde veri dağılımı üzerinde hiçbir kısıtlamanın olmadığını yalnızca variogram fonksiyonunun değerlerini bilmek gerektiğini göstermektedir.

3.7.2.6 Blok Ortalamalarının Kriging Yöntemi İle Kestirimi

Kriging sistemi bölgesel değişkenin noktasal örnekler üzerinde tanımlandığı varsayıma dayanmaktadır. Ancak madencilikte çoğu zaman örneklenmemiş bir noktanın kestirimi yanında blokların ortalama değerlerinin kestirimi de istenebilir.

Böyle durumlarda kestirilen değişken, bir blok üzerinde tanımlanırken, bunun kestiriminde kullanılacak veriler, blok boyutlarına göre çok daha küçük olan (karot örnekler) noktasal örnekler üzerinde tanımlanır. Yani problem noktasal veriler kullanarak blok ortalamalarının kestirimi problemidir (Tercan, 2005 s. 101).



Şekil 3.29 Bloğun ortalama değerinin diğer noktalardan kestirimi.

Eğer variogram fonksiyonu biliniyorsa, blok ortalaması kriging yöntemi kullanılarak kolayca kestirilebilir. Bunun için kriging sisteminde

$$\begin{vmatrix} \gamma(x_1 - x_1) & \gamma(x_1 - x_2) & \cdot & \gamma(x_1 - x_n) & 1 \\ \gamma(x_2 - x_1) & \gamma(x_2 - x_2) & \cdot & \gamma(x_2 - x_n) & 1 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \gamma(x_n - x_1) & \gamma(x_n - x_2) & \cdot & \gamma(x_n - x_n) & 1 \\ 1 & 1 & \cdot & 1 & 0 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \cdot \\ \lambda_n \\ m \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \gamma(x_0 - x_1) \\ \gamma(x_0 - x_2) \\ \cdot \\ \gamma(x_0 - x_n) \\ 1 \end{vmatrix}$$

Eşitliğin sağ tarafındaki vektörün elemanlarını, $\bar{\gamma}(B - x_i)$ ortalama variogram değerleri ile değiştirmek yeterli olacaktır. Dolayısıyla kriging sistemi blok değerlerinin kestiriminde aşağıdaki sisteme dönüşür.

$$\begin{vmatrix} \gamma(x_1 - x_1) & \gamma(x_1 - x_2) & \cdot & \gamma(x_1 - x_n) & 1 \\ \gamma(x_2 - x_1) & \gamma(x_2 - x_2) & \cdot & \gamma(x_2 - x_n) & 1 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \gamma(x_n - x_1) & \gamma(x_n - x_2) & \cdot & \gamma(x_n - x_n) & 1 \\ 1 & 1 & \cdot & 1 & 0 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \cdot \\ \lambda_n \\ m \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \gamma(B - x_1) \\ \gamma(B - x_2) \\ \cdot \\ \gamma(B - x_n) \\ 1 \end{vmatrix}$$

$\gamma(B - x_i)$; B bloğu ile x_i 'inci veri arasındaki ortalama variogram değerini göstermektedir. Bu durumda B bloğunun ortalama değeri

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

ile hesaplanır, bu kestirime karşılık gelen hata varyansı (kriging varyansı):

$$\sigma^2_K(B) = \sum_{i=1}^n \lambda_i \gamma(B - x_i) + m - \bar{\gamma}(B - B)$$

eşitliğinden bulunur. $\bar{\gamma}(B - B)$; B bloğu içindeki ortalama variogram değerini göstermektedir.

3.7.2.7 Kriging Yöntemi İle Kestirimin Özellikleri

Kriging kestiricisi, veriler ve bu verilere atanacak ağırlıkların toplamından ibarettir. Ağırlıklar, yansızlık ve en küçük hata varyansı ölçütleri göz önüne alınarak oluşturulan doğrusal denklemler sisteminin çözümünden elde edilir. Doğrusal denklem sisteminin katsayılarını variogram fonksiyonunun değerleri oluşturur. Dolayısıyla optimum kriging ağırlıklarının seçiminde örneklerin birbirine uzaklıkları kadar kestirilecek nokta yada bloğa göre uzaklıkları da dikkate alınır.

Kriging yönteminin diğer kestirim yöntemlerine göre en önemli üstünlüğü esnek oluşudur. Ağırlıklar keyfi kurallara göre belirlenmez. Veriler sistemli ve objektif bir şekilde önceden analiz edilir ve bu analiz sonucunda variogram fonksiyonu belirlenir. Variogram fonksiyonu daha sonra ağırlıkların belirlenmesinde kullanılır.

Kriging yönteminin diğer bir üstünlüğü, kriging varyansı aracılığıyla kestirim hatasının büyüklüğünü değerlendirecek bir olanak sunmasıdır. Kriging varyansı verilerin gerçek değerlerine bağlı değildir. Daha çok veri sayısının ve veriler

arasındaki uzaklığın bir fonksiyonudur. Kriging varyansı bu özelliğinden dolayı, gerçekte sondaj yapılmadan önce olası lokasyonları test edip, bunlar arasında optimum olanları belirlemek amacıyla kullanılabilir (Tercan, 2005 s. 103).

3.7.2.8 Kriging Yöntemi İle Variogram Modelinin Çapraz Doğrulanması

Variogram model parametrelerinin belirlenmesine yönelik sık kullanılan yöntemlerden biri çapraz doğrulama tekniğidir. Bu yöntemde ilk olarak gerçek variogram fonksiyonuna ilişkin bir model ve bu modele ilişkin parametreler seçilir. Daha sonra veri setinden bir örnek uzaklaştırılır. Ve bu lokasyondaki değer, seçilen variogram modeli ve geri kalan veriler kullanılarak yeniden kestirilir. Kestirim yapılan lokasyonda gerçek değerle kestirilen değer arasındaki fark (kestirim hatası) hesaplanır. Bu işlem veri içeren diğer tüm lokasyonlar ve aday variogram modelleri için tekrar edilir ve kestirim hatalarının istatistiğine bakılır. Bu istatistiklere ilişkin arzu edilen kriterleri sağlayan variogram model ve parametreleri gerekli model ve parametrelerdir. Bu kriterlerden bazıları aşağıda sıralanmıştır (Tercan, 2005 s. 106).

- Mükemmel bir uyum için kestirim hatalarının dağılımı, sıfır ortalama ve en az varyansla simetrik olmalıdır.

$$\begin{aligned} \text{Ort}[Z(x_i) - Z^*(x_i)] &= 0 \\ \text{Ort}[Z(x_i) - Z^*(x_i)]^2 &= \min \end{aligned}$$

- Koşullu yansız kestirimler için gerçek değerlerin kestirilen değerler üzerindeki doğrusal regresyonu orijinden geçen 45 derece eğimli bir doğru vermelidir. Bu koşullu yansızlık olarak bilinir.
- Kestirim hatalarının kareler ortalaması, kriging varyansının ortalamasına eşit ya da yakın olmalıdır.

$$\text{Ort}[Z(x_i) - Z^*(x_i)]^2 \cong \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \sigma^2_k(x_i)$$

Bu koşulların sağlanmadığı durumlarda sondajlar baştan değerlendirilerek variogram fonksiyonu tekrar oluşturulur.

3.8 Optimum Açık İşletme Sınırının Belirlenmesi

Planlama sırasında yapılacak ilk iş, başlangıç aşamasında veya daha ileriki aşamalarda işletmenin nihai ekonomik sınırlarını belirlemektir. Bu nedenle optimum işletme sınırlarının tayini planlama çalışmasının temelini ve cevher yatağının ekonomik potansiyelinin değerlendirilmesinde oldukça kritik öneme sahiptir. Optimum açık işletme sınırının belirlenmesiyle;

- İnşa edilecek tesis ve döküm sahası lokasyonlarının daha uygun noktalarda belirlenmesine yardımcı olacaktır.
- Daha sonraki aşamalarda hesapta olmayan sürpriz giderlerin oluşmasını da önleyerek olası alternatif durumların önceden görülmesini sağlayacaktır.
- Hepsinden önemlisi bu limitlere ulaşmak için hangi safhalardan, hangi koşul ve değerlerde geçileceğini görebilmek ve bunun teknik ve ekonomik anlamda değerlendirmesini yapabilmek olacaktır.

Bir açık işletme, uzun yıllar devam eden büyük bir sermaye yatırımı gerektiren ve büyük risk taşıyan işlemler dizisi olduğuna göre böyle bir işe girmeden önce gerek işletilecek cevheri, tipini, tenörünü ve dağılımını gerek bu işlemi karlı kılacak olan işletilebilir cevher rezervini önceden kestirebilmek planlama çalışmaları için önem arz etmektedir.

Bu durumda çözümlenmesi gereken problem, işletilebilir cevher tonajını tespit etmek ve optimum işletme sınırlarını belirlemek olacaktır.

Yukarıda ifade edilen gerekçelerden ötürü optimum nihai işletme sınırının belirlenmesi işletmeler için önemli bir problem oluşturmuş çözüme yönelik pek çok teknik geliştirilmiştir. Bu tekniklerin temeli 3-B blok model optimizasyon tekniğine dayanmaktadır (Saydam, 2000).

3.8.1 Bilgisayar Yardımıyla Optimum Açık İşletme Sınırının Bulunması

Bütün bu teknikler blok kavramına dayanmaktadır. Cevher yatağı bloklara bölünerek sayısal olarak modellenir. Bu bloklar işletmenin en küçük birimleri olarak tanımlanmakta hesaplamalarda işletme sistemindeki üretim işlemini ifade etmektedir. Blokların yüksekliği, genellikle işletme basamaklarının yüksekliğine eşit alınmakta olup diğer boyutları ise yatağın jeolojik yapısı, verilerin duyarlılığı, uygulanacak işletme yöntemi, ekipman seçimi, planlama şekli ve işletme şev eğimleri gibi etkenlere bağlıdır. Hesaplamalarda kolaylık olması bakımından bütün blokların aynı boyutlarda olması tercih edilmektedir. Blok boyutlarının belirlenmesinden ve yatağın bu bloklardan oluşmuş blok modelini oluşturduktan sonra her bloğa ekonomik bir değer atamaktır. Her bloğa bir tenör değeri atanır. Her bloğun o tenör değerine göre satış gelirinden kazı maliyeti çıkarılır bu sayede bloğa net kar değeri atanmış olur. Daha sonra problem nihai ocak sınırı tespiti, nihai şev açıları ve içerisinde kalan blokların değerini maksimize edecek optimizasyon problemine dönüşmüş olur. Bu problemi hızlı bir şekilde çözebilmek için çeşitli tekniklere ve bilgisayar yazılımlarına ihtiyaç duyulmuştur. Teknikleri genel olarak şu şekilde sıralayabiliriz (Saydam, 2000).

A. Rigorous Algoritmalar

- a.** Grafik tekniği,
- b.** Dinamik programlama tekniği,
- c.** Lineer programlama tekniği,
- d.** Network akım tekniği.

B. Heuristic Algoritmalar

- a.** Hareketli koni,
- b.** Lemieux algoritması,
- c.** Marina ve Salama algoritması,
- d.** Phillips algoritması,
- e.** Korobov algoritması,
- f.** Matheron ve Bungarcon ve Marechal parametre fonksiyonu.

Burada en çok kullanılan algoritmaları Heuristic algoritmasından hareketli koni tekniği, Johnson tarafından geliştirilen 3-B dinamik programlama tekniği ve Lerchs Grossmann algoritması olarak bilinen Grafik tekniği oluşturmaktadır. Hangi koşullarda hangi tekniğin kullanılacağı sorusu, maden planlaması ile uğraşan mühendisler için en önemli çözüm bekleyen konusudur. Genellikle planlama, mühendis tarafından en iyi anlaşılan teknikle yapılmakta olduğundan optimal çözüme ulaşıp ulaşılamadığı ise belirsizdir. Hareketli koni yöntemi, Graf tekniği ve Network(ağ) akım tekniği iyi uygulandıkları takdirde yaklaşık olarak aynı sonuçları veren modellerdir. Zira her üç yöntem de belirli hacimlerin işletilmesi sonucu elde edilecek karlılığı değerlendirmektedir. Aralarındaki fark ise bu hacimlerin nasıl tanımlandıkları ve işletilen bu hacimler içerisindeki değerlerin nasıl toplandığıdır (Saydam, 2000).

İki boyutlu dinamik programlama tekniği doğrudan doğruya üç boyutlu bir optimizasyona olanak vermemekte iken üç boyutlu dinamik programlama ile blok ve cevher dağılımına bağlı olarak daha kısa bir sürede üç boyutlu bir optimizasyona gitmek mümkündür.

Dinamik programlama tekniklerinde, diğer tekniklerden farklı olarak hacimler veya başka bir ifade ile koniler içerisindeki değerler yerine düzlemler içerisindeki değerler toplanmakta ve blok boyutlarını değiştirerek farklı işletme eğimleri elde etmek daha kolay olmaktadır.

Graf tekniği ve Network(ağ) akım tekniği birçok halde gerçek optimum sınırları vermekle beraber oldukça masraflı olmaktadır.

Hareketli koni yöntemi, ancak bütün alternatifler göz önüne alındığı takdirde gerçek optimum sınırı verebilmekte, böyle bir durum ise gerektirdiği zaman bakımından pratikte hiçbir şekilde mümkün olmamaktadır (Saydam, 2000).

İki boyutlu dinamik programlama tekniği, üç boyutlu bir optimizasyona geçebilmek için kesitler arasında bir uyuşma sağlamak amacıyla detaylı rötuş

çalışmaları yapmak gerekmektedir. Fakat ön değerlendirme çalışmalarında sağladığı kolaylık ve kısa zamanda yeterli derecede doğru çözüm sunmaktadır.

Üç boyutlu dinamik programlama, diğer üç boyutlu tekniklere nazaran çok daha az zaman alması ve gerçek optimuma oldukça yakın sonuçlar vermesi pratikte birçok durumda kullanılmasını sağlamaktadır. Yapılan çalışma ve mühendislik deneyimleri bu teknikle elde edilen toplam işletilebilir rezerv veya nihai optimum işletme sınırları gibi sonuçların gerçek değerlerden %10'dan daha fazla farklı olmadığını, bu farkın büyük bir kısmının da steril materyalden ileri geldiğini ve işlem sonunda elde edilen rezerve %10 oranında steril materyal ekleyerek gerçek değerlere son derece yakın neticeler elde edilebileceğini göstermektedir.

Basit, az zaman alan ve yeterli derecede doğru neticeler veren bir teknik mevcut iken bir cevher yatağının ön değerlendirme etütlerinde bütün zorlukları göze alarak karmaşık bir teknik kullanmanın akıllıca bir iş olmayacağı açıktır (Saydam, 2000).

3.8.2 Whittle Üçüncü ve Dördüncü Boyut

SURPAC arayüzünde bulunan Whittle Programming Pty. Ltd. tarafından, cevher yataklarının ekonomik olarak değerlendirilmesi için 3-B ve 4-B optimizasyon paket programları geliştirilmiştir. Bu programlar üç boyutlu çözümler önermektedir. Amaçları cevher yatağındaki mineral ve dekapaj miktarının parasal olarak değerlendirmesini yapmaktır. Aralarındaki fark 4-B paranın zamana bağlı etkisini de değerlendirir. Açık işletme ömrü 2 yıldan fazla ise 4-B kullanılması daha uygundur.

En uygun açık işletme sınırının bulunmasında birçok metot kullanılmasına rağmen Whittle 3-B ve 4-B 1965 yılında Lerch ve Grossmann tarafından ortaya atılan algoritmayı temel alır.

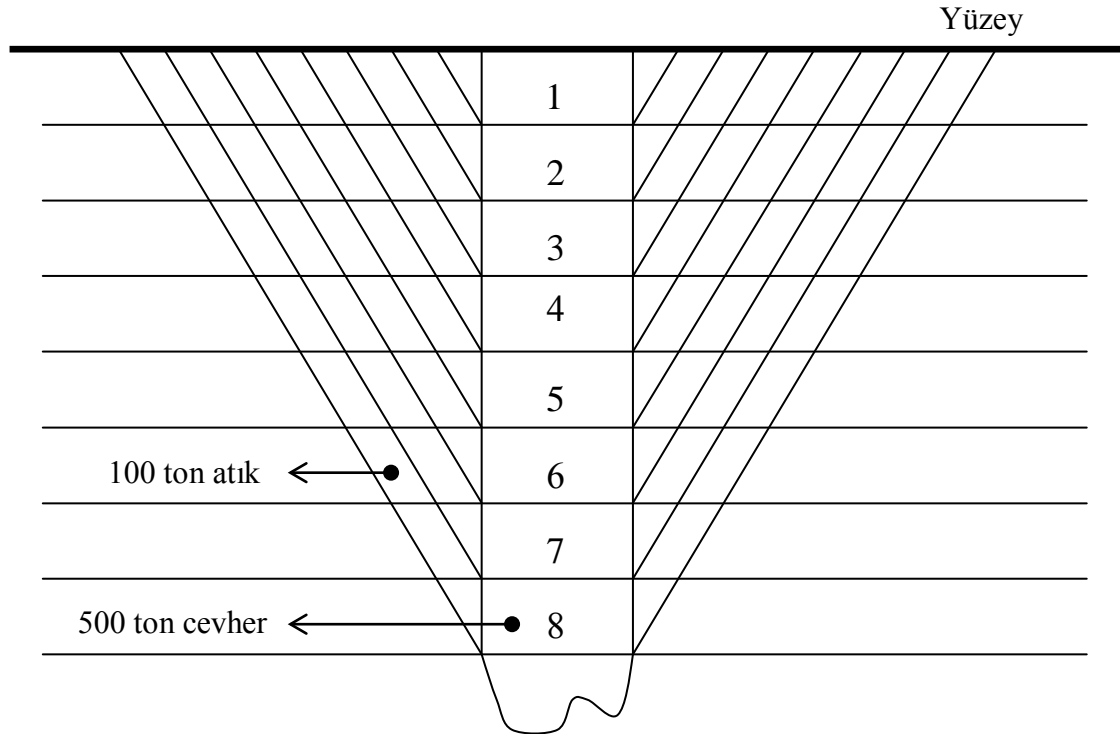
Lerch ve Grossmann metodu iki bilgi ile çalışır. Bunlardan ilki düzenli dikdörtgen bloklara verilen gerçek parasal değer; cevher içeren bloklarda, elde edilen

işlenmiş cevherin parasal değerinden dekapaj ve hazırlama masrafları çıkartılması ile elde edilen değeri yazılır ve değeri pozitiftir, dekapaj içeren blokların değeri ise negatif olarak alınır. İkincisi ise bloklar arasındaki ilişkiyi gösteren listedir. Bu ilişkiler yay olarak tanımlanır ve Lerch ve Grossmann algoritmasında verilmiştir. Verilen bu iki bilgi ve bilgisayar yardımıyla Lerch ve Grossmann algoritması çözümlenerek en uygun açık işletme sınırı bulunur. Uygulanabilir bulunan en uygun açık işletme sınırı en yüksek parasal (nakit) değere sahip olmalıdır.

$$\text{NAKİT DEĞER} = \text{GELİR} - \text{MALİYETLER}$$

Gelir, cevherin miktarı (ton), tenörü ve satış fiyatına bağlı olarak bulunur. Cevher satış fiyatı bilinmese bile yaklaşık bir tahmin yapılmalıdır. Genellikle satış fiyatı düşen cevherlerde işletme büyütülmeli, aynı şekilde işletmede maliyetler artıyorsa işletme küçültülmelidir.

Eğer genel eğim açısı dik olursa işletme daha derin olacaktır. Önce bütün bu faktörler sabitleştirilerek bir tane en uygun açık işletme sınırı bulunur. İki boyutlu örnek ile aşağıda verilmiştir (SURPAC v5.0, Tutorial, 2005).



Şekil 3.30 Cevher yatağı kesiti.

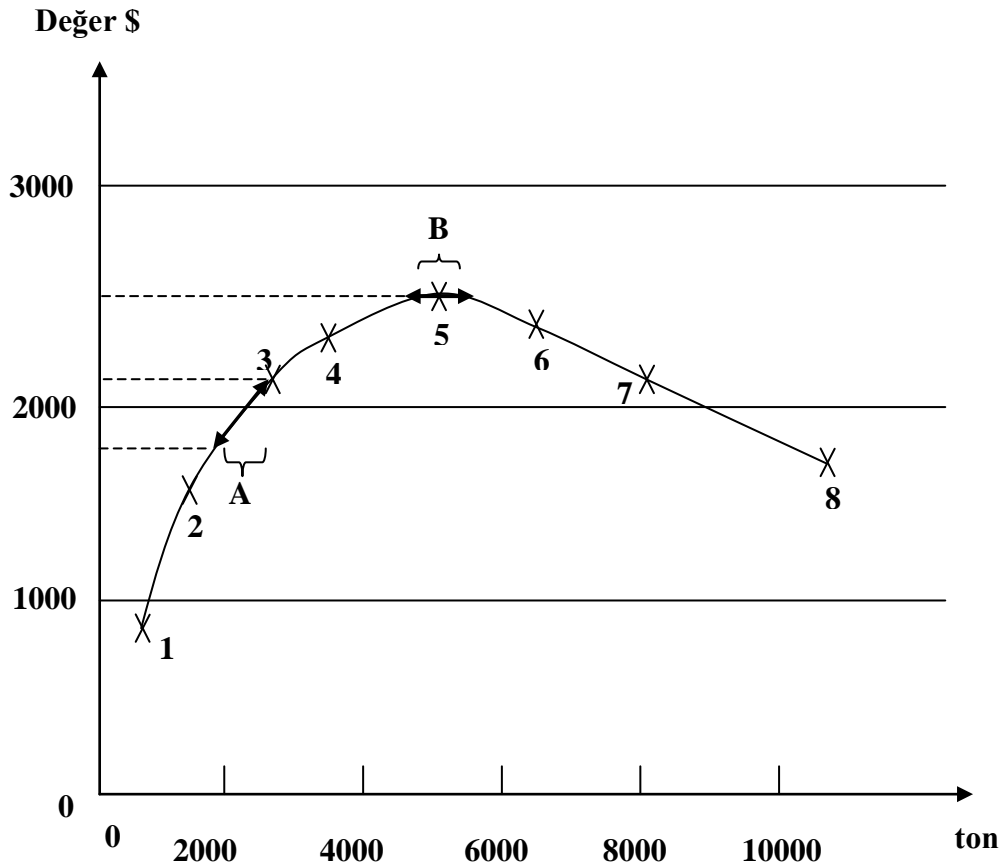
Tablo 3.1 Her seviyedeki cevher ve dekapaj miktarı

Seviye	1	2	3	4	5	6	7	8
Cevher	500	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000
Dekapaj	100	400	900	1600	2500	3600	4900	6400
Toplam	600	1400	2400	3600	5000	6600	8400	10400

Örneğin cevher için 2\$ / ton ve atık için 1\$ / ton alınarak, her seviyenin gerçek değeri bulunur.

Tablo 3.2 Her seviyenin gerçek değerinin bulunması

Seviye	1	2	3	4	5	6	7	8
Değer	900	1600	2100	2400	2500	2400	2100	1600



Şekil 3.31 En uygun açık işletme sınırının grafik ile bulunması.

Şekil 3.31.'deki grafikte seviye değerlerindeki küçük sapmalar açık işletme sınırının bulunmasında önemli etkisi vardır. Grafikte A noktasının yeri B noktasına kaydırılarak işletme sınırı B noktası kabul edilir. Bu da bize maliyetler ve cevher satış fiyatı açık İşletme sınırını etkileyen parametreler olduğunu gösterir. Jeolojik kaynak model ile çok sayıda açık işletme optimizasyonu yapılabilir (SURPAC V5.0, Tutorial 2005).

3.8.3 Bloklara Değer Atama

Bloklara değer atanması 3-B yönteminde aşağıdaki formülle açıklanır.

DEĞER - (METAL x GERİ KAZANIM ORANI x FİYAT - BLOKTAKİ CEVHER MİKTARI (TON) X (CEVHER ÇIKARTMA + DEKAPAJ MALİYETİ) - BLOĞUN TOPLAM AĞIRLIĞI (TON) x TON BAŞINA DEKAPAJ MALİYETİ

Bu formülde üç tane ekonomik değişken vardır. Bunlar; Fiyat, Cevher çıkartma + dekapaj maliyeti ve ton başına dekapaj maliyetidir. Bu üç ekonomik değişkene zaman boyutu eklenerek 4-B yöntemi elde edilmiş olup burada en önemli unsur enflasyon olmaktadır.

BÖLÜM DÖRT

MADENCİLİKTE ÜÇ BOYUTLU MODELLEME AŞAMALARI

4.1 Madencilikte Modelleme

Bir maden yatağına yatırım yapılması, cevher kalitesinin ve miktarının bilinmesine bağlıdır. Günümüzde kalite belirlenmesi ve miktar hesaplanması cevher yatağının 3-B (üç boyutlu) modelinin ortaya konulması ile yapılmaktadır. 3-B modelleme üç ana dala, katı yüzey modelleme ise 4 dala ayrılmaktadır.

3-B modelleme;

A. Katı yüzey modelleme;

a. jeolojik,

b. kesit,

c. grid,

d. blok model,

B. Jeostatistik modelleme;

C. Yüzey modelleme

olarak dallara ayrılır.

3-B katı yüzey model maden yatağının üç boyutlu şeklini, jeostatistiksel modelleme maden yatağının özelliklerinin varyansını, yüzey modelleme ise maden yatağının topoğrafyası, cevherin alt ve üst yüzey topoğrafyasını ve haritalarını çıkartır.

4.2 String (Çizgi) Modelleme Tekniği

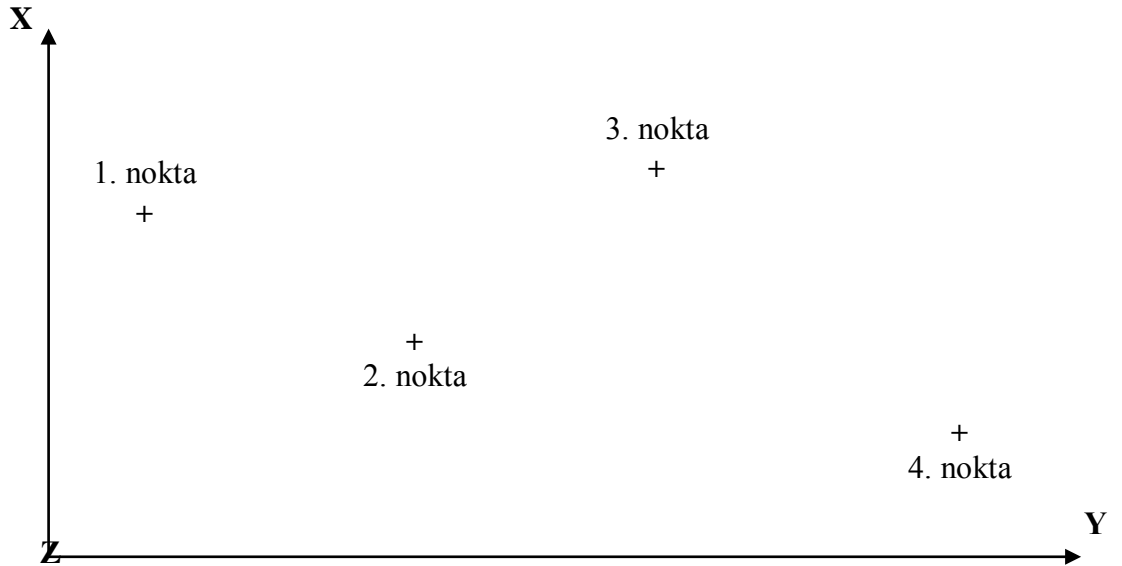
Geçmişteki çoğu madencilik yazılımları rezerv hesapları, açık işletme sınırlarının bulunması üretim planlama, tenör dağılımı gibi problemleri ayrı ayrı üretilen yazılımlar ile çözmeye çalışmıştır. Ancak, üretilen yazılımlar farklı veri yapısına sahip normlar ve farklı aletler kullanılması çalışmalarını zorlaştırmıştır. Bütün bunları

tek bir araya toplamak diğer deyişle verilerin tek bir norm haline getirilmesi, grafiklerin alınması, haritaların çıkartılması ve tüm işlemlerin tek bir elden idare edilmesi için string (çizgi) model kavramı ortaya atılmıştır.

İlk olarak string verileri 1979 yılında Porter tarafından İngiltere'de bir otoyol dizaynında tanımlanmıştır.

4.2.1 Nokta Kavramı

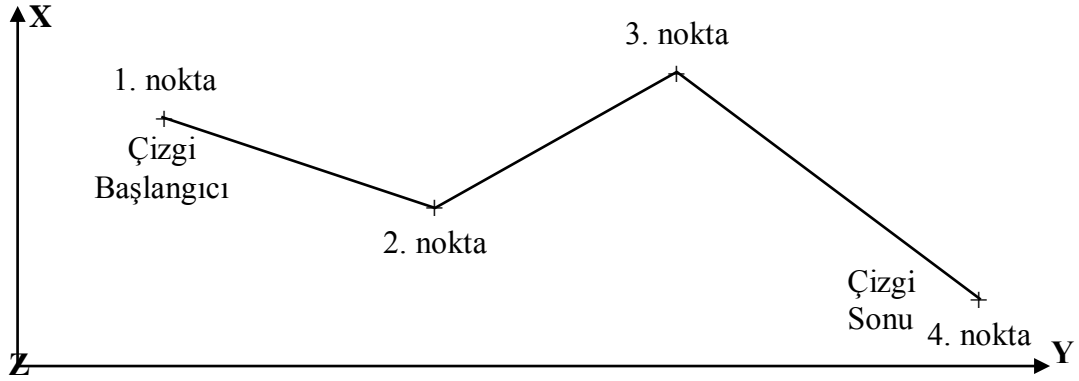
Uzayda X, Y ve Z koordinatları (üç boyutu) bilinen bir yer nokta olarak tanımlanır. (Şekil 4.1)'de X, Y ve Z koordinatları bilinen 4 nokta tanımlanmıştır.



Şekil 4.1 Uzayda nokta kavramı.

4.2.2 String (Çizgi) Kavramı

Uzayda üç boyutlu olarak (X, Y ve Z koordinatları belli) tanımlanan noktaların birleştirilmesine string denir. String'in basit anlamı çizgidir. Bu çizgi de üç boyutlu olarak tanımlanmıştır. (Şekil 4.2)'de 4 noktayı birleştiren çizgi tanımlanmıştır.

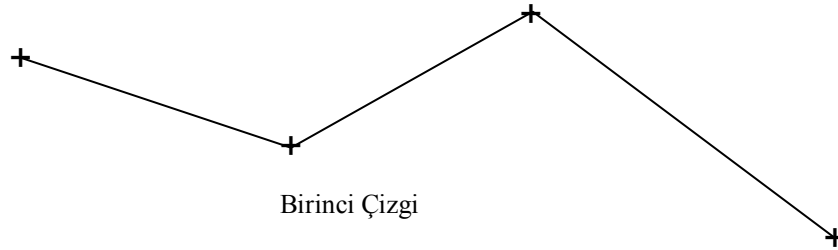


Şekil 4.2 Dört noktayı birleştiren çizgi.

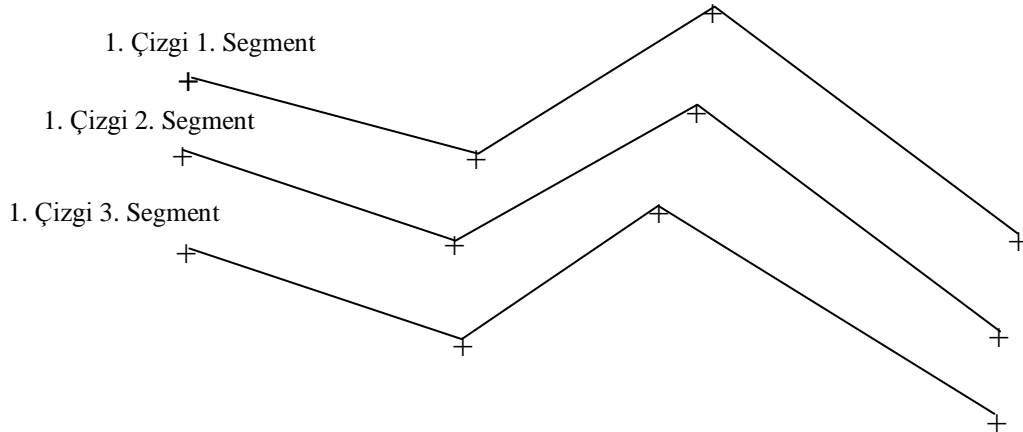
4.2.3 Çizgi Çeşitleri

4.2.3.1 Açık Çizgi

Uzayda X,Y,Z koordinatları belli noktaların birleşmesinden oluşmuş ilk ve son koordinatları aynı olmayan düz veya eğri çizgilerdir. Bir kesitte birden fazla açık çizgi var ise aynı çizgi numarasını alır fakat segment numarası farklı olur.



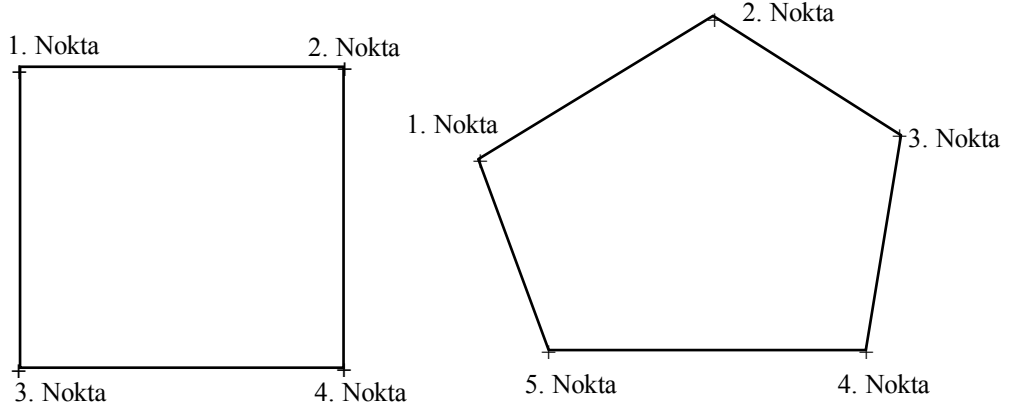
Şekil 4.3 Açık çizgi.



Şekil 4.4 Açık çizgi ve segmentleri.

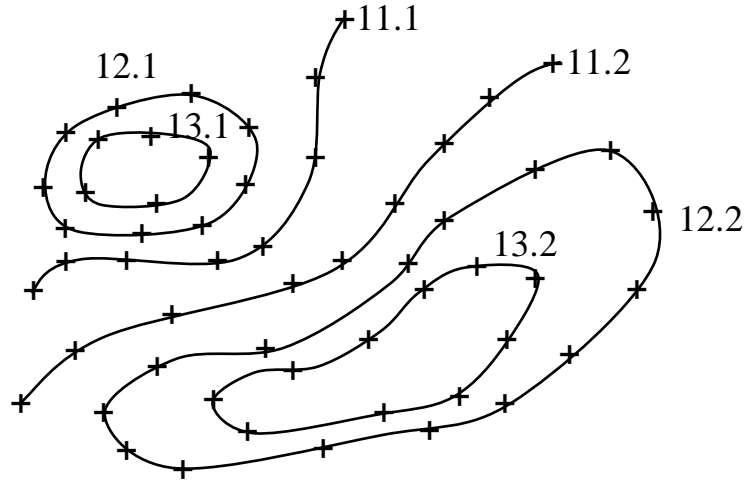
4.2.3.2 Kapalı Çizgi

İlk ve son koordinatları aynı olan noktaların daire, kare veya düzensiz poligonlar şeklinde birleştirilmesidir.



Şekil 4.5 Kapalı çizgi.

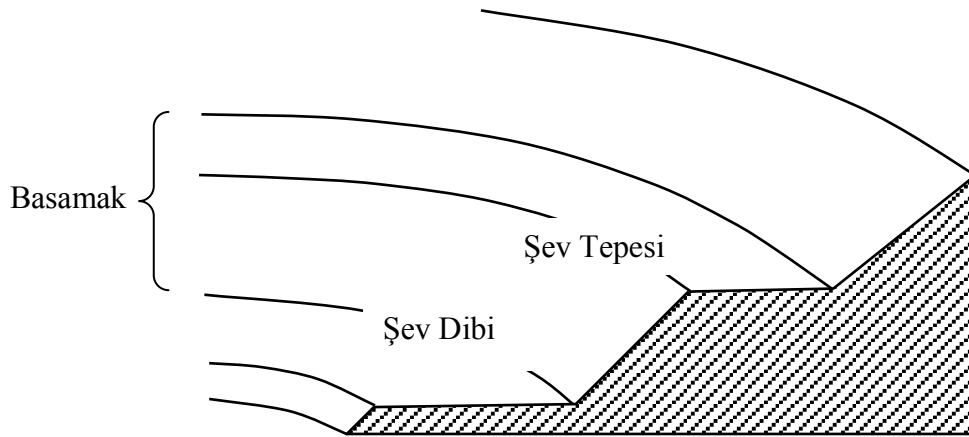
Bir kesitte birden fazla kapalı çizgi var ise aynı çizgi numarasını alır fakat segment numaraları değişir.



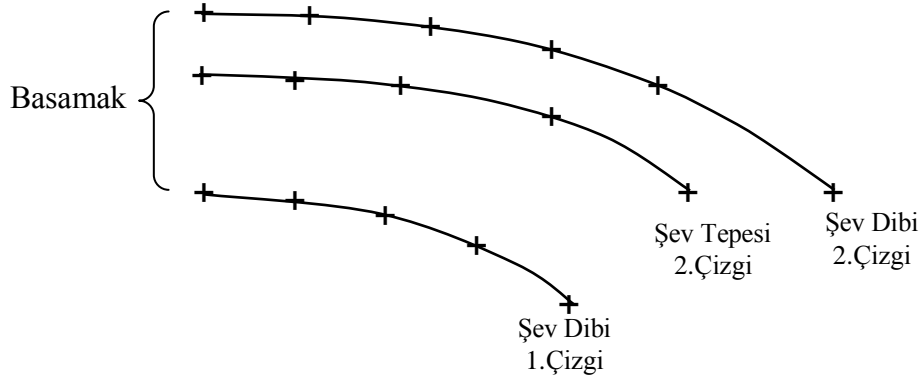
Şekil 4.6 Çizgi ve segment numaraları.

4.2.4 Çizgilerin Kullanılması

Her çizgi bir özelliği göstermektedir. Açık çizgiler açık işletmede basamakların dizaynında kullanılır. (Şekil 4.7)'de açık işletmenin çizgiler ile gösterilmesi verilmiştir. Aşağıdaki şekillerde şev dipleri, şev uçları ayrı ayrı çizgiler ile belirtilerek basamak oluşturulmuştur.



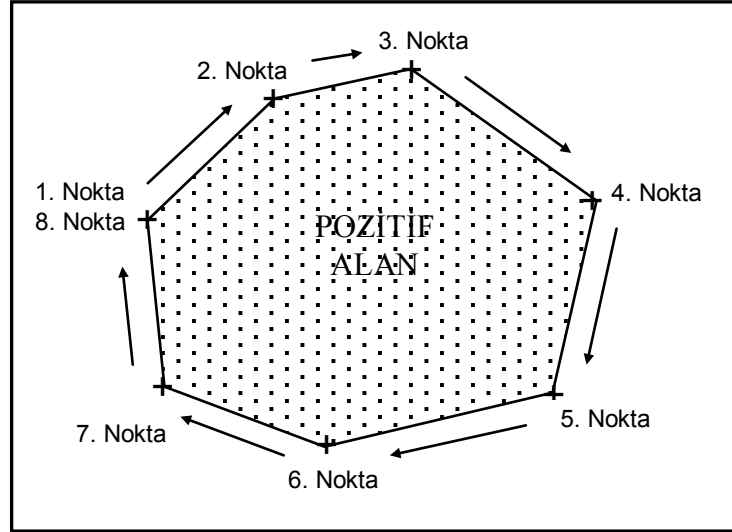
Şekil 4.7 Açık işletmenin üç boyutlu tanımlanması.



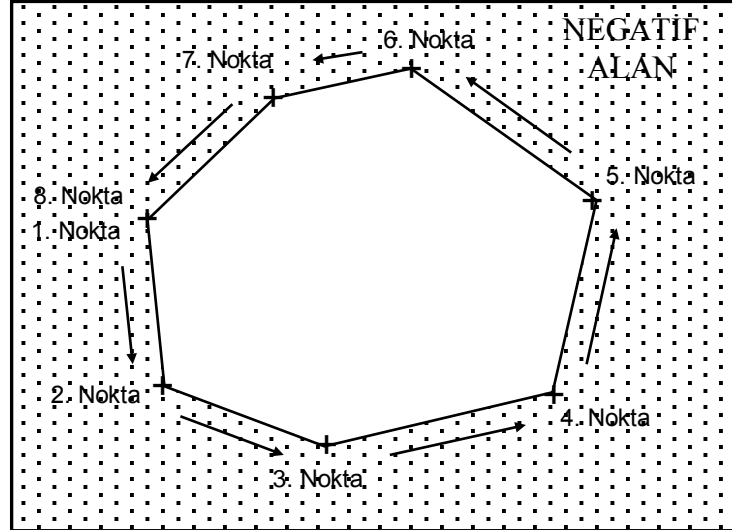
Şekil 4.8 Açık işletmenin çizgiler ile tanımlanması.

Kapalı çizgiler ise sınırladıkları alanların hacimlerinin hesaplanmasında kullanılır. Burada önemli olan özellik çizgilerin dönüş yönüdür. Saat istikameti yönünde dönen çizgiler pozitif alanı (kapalı çizginin iç alanını), saat istikametinin aksi yönünde dönen çizgiler negatif alanı (kapalı çizginin dış alanını) hesaplamalarında kullanılır. İki çizgi arasındaki kapalı alanın

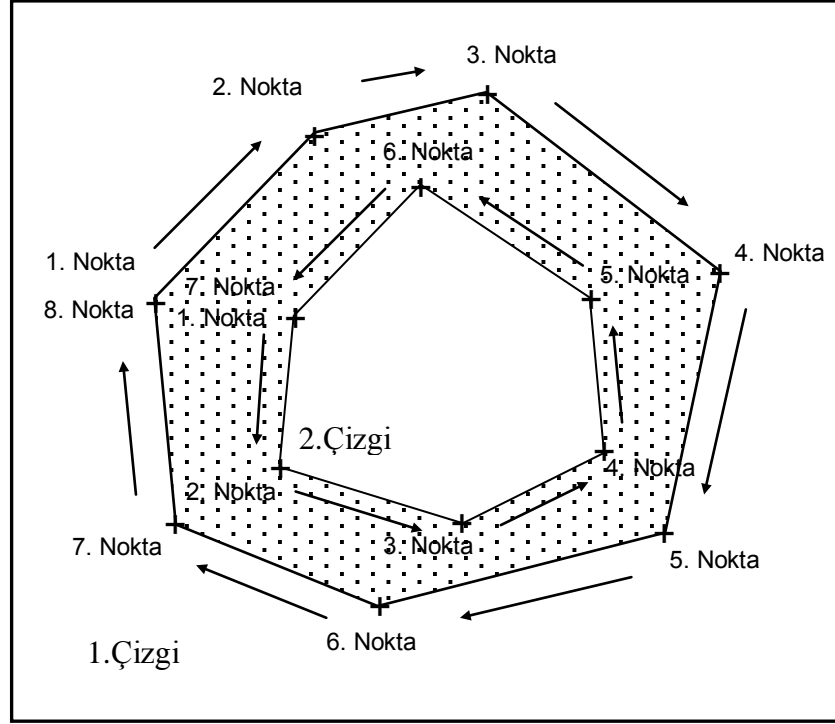
hesaplanması için içteki çizginin saat istikameti, dıştaki çizginin saat istikametinin tersi yönünde (veya bunların tam tersi) dönülmesi gerekir.



Şekil 4.9 Saat istikameti yönünde dönülen kapalı çizgi.



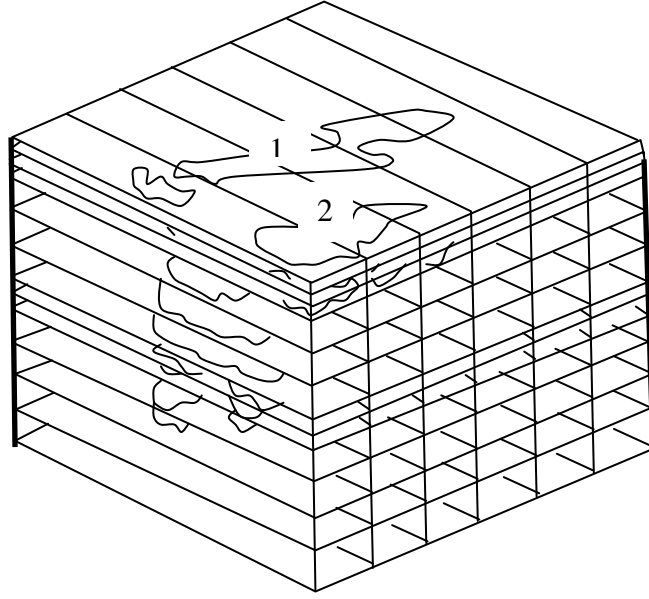
Şekil 4.10 Saat istikameti tersi yönünde dönülen kapalı çizgi.



Şekil 4.11 İki çizgi arasında kalan alanın hesaplanması.

4.2.5 1/2 B Çizgi Modelleme

Maden yataklarının değerlendirilmesinde 1/2 B Çizgi model yaygın kullanılan bir tekniktir. Maden yatağı kesitlere ayrılır, bu kesitler arasındaki çizgi poligonların hacimleri hesaplanır ve maden yatağının modellenmesi yapılır. Bu yöntemde çizgi numaraları işlemin temelini teşkil eder. Şekil 3.12'de 2 1/2 B çizgi modelin plan ve kesitleri gösterilmiştir.



Şekil 4.12. 1/2B Çizgi modellemede plan ve kesitler.

4.2.6 Çizgilerin Jeolojik Kullanımları

Maden yatağının modellenmesi iki bölümü içerir. Bunlar yapısal modelleme ve tenör modelleme kısımlarıdır. Blok model maden yatağının modellenmesinde yaygın olarak kullanılan bir tekniktir. Kriging veya mesafelerin ağırlıkla tersi yöntemleri kullanılarak tenör düzenli aralıklar ile tahmin edilerek bloklara atanır ve maden yatağının ekonomik olarak kullanılabilen cevher zonu belirlenir. Blok model bir çizgi dosyası olarak biriktirilerek, çizgilerle blok modelleme yapılır.

Gerçek olmayan geometrik şekiller olarak tanımlayabileceğimiz çizgileri yapısal jeolojik modellemede kullanılmasının birçok avantajı vardır. Çünkü her özellik bir çizgi, her çizgi bir özelliği gösterir. Maden yatağının özelliklerinden, tenör aralıklarına, damar kalınlığına, damar çeşitlerine, kalorifik değer, kükürt, kül, formasyon çeşitlerine vb. farklı çizgi numarası verilerek ayrı ayrı veya kombinasyonlar olarak maden yatağı modellenir.

4.2.7 Solid (Katı Yüzey) Modelleme Tekniği

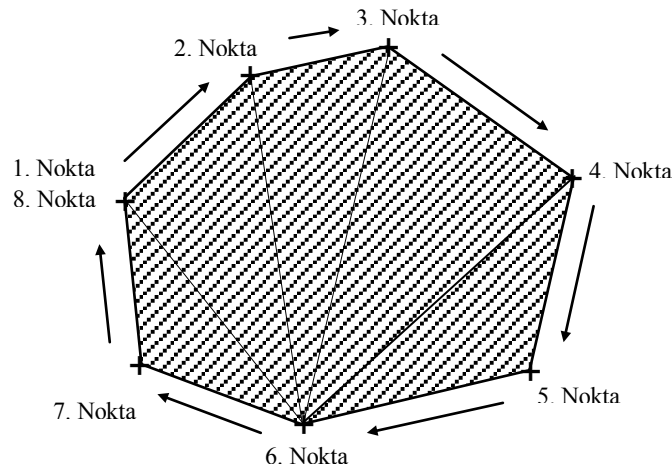
Solid kelimesinin anlamını çatı veya kıymetli bir taşın yüzeyi olarak ifade edilebilir. Bu yöntemin temeli analitik geometri ve entegral hesabıdır. Katı yüzey modelleme bilgisayarla modelleme yöntemi; üç boyutlu modelleme (3-B) tekniğinin geometrik olarak izah edilmesidir. Katı yüzey modelleme kavramını ifade edebilmek için aşağıdaki kavramların bilinmesi gerekir. Bunlar;

1. Nokta
2. Çizgi
3. DTM (Digital Terrain Model = Sayısal Yüzey Modelleme)
4. 3-DM (Üç Boyutlu Modelleme)

Nokta ve çizgi kavramları çizgi modelleme tekniğinde ifade edilmiş, katı yüzey model kavramı 3-DM bölümünde ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

4.2.8 DTM (Sayısal Yüzey Modelleme)

Digital Terrain Model (DTM), birbiri üzerine çakışmayan iki boyutlu komşu üçgenlerin oluşturduğu bir yüzeyi tanımlar. DTM ile kömür damarlarını, topoğrafyayı (konturları), tenör dağılımlarını ve kesitleri bir yüzey olarak tanımlanır ve yaratılan DTM'ler arasındaki hacimleri hesaplanabilir. DTM'ler iki düzlemde oluşturulur ve bunların tanımladığı girinti, çıkıntı veya kıvrımlarda herhangi bir sınırlama yapılamaz.

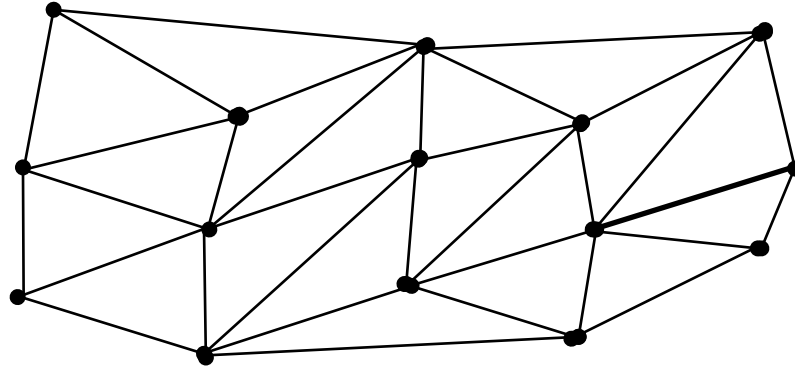


Şekil 4.13 Üçgenleme ile çizgiden yüzey oluşturulması.

4.2.9 3-DM (Üç Boyutlu Modelleme)

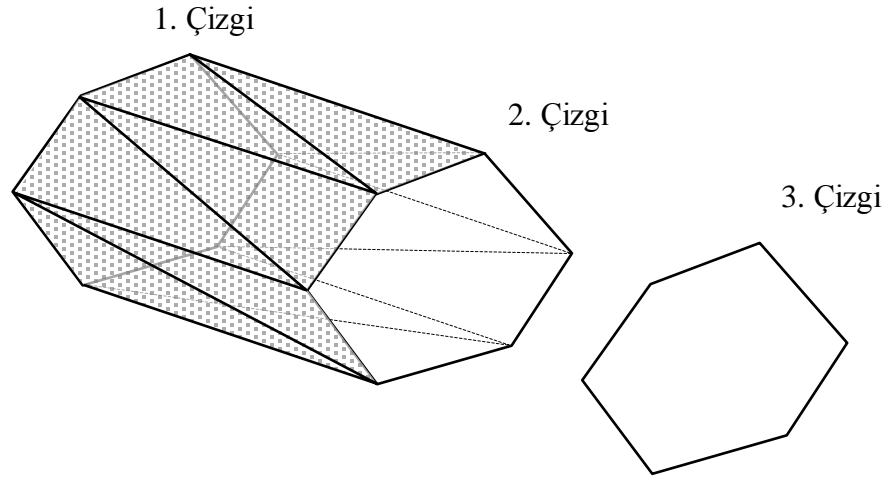
3-DM maden yatağının şeklini, üretim yapılan bölgeyi, açılacak yolları, dilim halinde üretim yerleri veya buna benzer çalışmalar kapalı çizgiler ile belirlenmiş birbiri üzerine çakışmayan üç boyutlu komşu üçgenleri birleştirerek oluşturulan katı bir cisim veya boşluk olarak tanımlanır.

Tamamıyla üçgenler ile çevrilmiş bir cisimi veya boşluğu tanımlayan 3-DM, bu cismin veya boşluğun hacmini hesaplamaya izin verir. Eğer bu bir maden yatağı ise cevherin yoğunluğu ile çarpılarak rezerv bulunabilir. 3-DM maden yatağının sınırlarının tanımlanmasında yaygın olarak kullanılır.

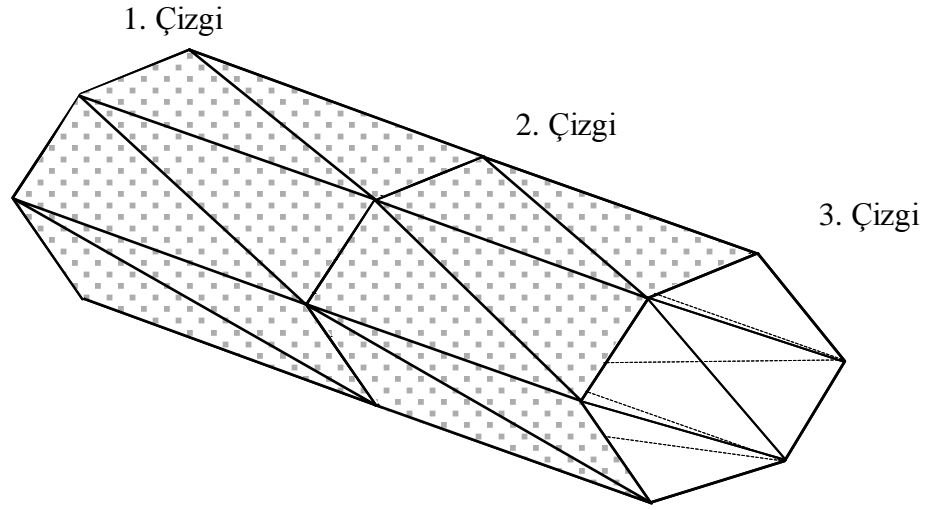


Şekil 4.14 Çizgileri çizgilerle birleştirerek meydana getirilen yüzey (DTM).

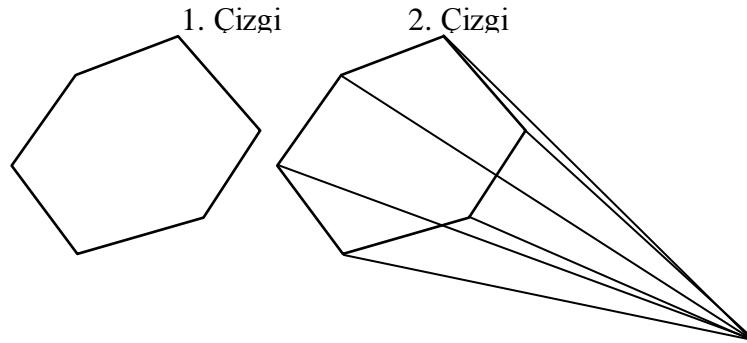
3-DM, genel ismi dikilerek birleştirmek olan çeşitli teknikler ile şekillendirilirler. Dikilerek birleştirme önce bir çift çizginin birleştirilmesi ile başlar ve devam eder. Kapalı striglerin birleştirilerek üç boyutlu modelleme yaratılması Şekil 3.15'de verilmiştir. Açıkta kalan yüzeyler tek nokta yöntemi ile birleştirilir.



Şekil 4.15 1. ve 2. Çizgiyi dikerek birleştirmek.



Şekil 4.16 Tüm çizgilerin dikilerek birleştirilmiş hali.



Şekil 4.17 Tek nokta ile açık yüzeylerin kapanması.

BÖLÜM 5

SURPAC YAZILIMI

5.1 SURPAC Yazılımı Dünü Bugünü

SURPAC Software International (SSI) 1982 yılında Güney Avustralya'da Geoff Bebb tarafından kurulmuştur. SURPAC paket programı madencilik ve çevre konularında bugün 60'den fazla ülkede, 5000 den fazla kuruluşta (üniversite, maden şirketleri, mühendislik müşavirlik şirketleri vb.) kullanılmaktadır. Firmanın yazılım geliştirme bölümü tarafından 1995'de SURPAC 1 1997'de SURPAC 2 1998'de SURPAC 3 2000'de SURPAC 4 daha sonra yazılım 3-D grafik kapasiteli olarak geliştirilmiş 2003 yılında 5.0 versiyonu ve 2006 yılında 5.1 versiyonu olarak kullanıma sunulmuştur.

SURPAC V5.0 yazılım programının özellikleri şu şekildedir

- Sondaj lokasyonları 2-B ve 3-B olarak oluşturulabilir.
- Sondaj lokasyonlarından kesit yöntemi ve katı yüzey modelleme ile DTM'ler oluşturulabilir
- Basit istatistik, Jeostatistik yapılabilir.
- Blok modelleme yapılabilir, yüzey topoğrafyasının ve cevher yatağının alt/üst tabakalarının eş kalınlık eğrilerinin 2-B ve 3-B olarak A0-A4 paftalarına plotları alabilir,
- 3-B olarak patlatma dizaynı, basamak dizaynı ve açık işletme dizaynı yapabilir,
- 3-B olarak yeraltı işletme dizaynı, galeri dizaynı yapılabilir,
- Modellenen cevher yatağından kesitler alınabilir, Maden sahasındaki bütün topoğrafik işlemler yapılabilir.
- Maden yatağının üretim planlaması ve Whittle 3-B ve 4-B açık işletme ile projelendirilen maden yataklarını ekonomik olarak değerlendirebilir.
- Çevre ile ilgili olarak, hava ve su kirlenmesi modellemeleri yapabilmektedir.

Kısaca madencilikle ilgili her türlü uygulama yapılabilir.

SURPAC yazılım programı her türlü işletim sisteminde çalışabilmektedir. Jeostatistik hesapları ve 3-B uygulamaları nedeniyle yüksek bir işlemciye ve grafik kartına gereksinim duymaktadır.

Sistemi koruyan “sentinel” USB çıkışına takılarak program çalıştırılır. Programın satış politikası isteğe bağlı olarak modüller şeklinde olmaktadır. Bu çalışmayı içeren 5.0 versiyonu jeostatistik, blok model ve açık işletme dizaynı modüllerine sahiptir.

Bu çalışmada SURPAC paket programının v5.0 versiyonu tanıtılmış, amaca yönelik olarak sondaj değerlendirilmesi, jeostatistik, rezerv hesabı, blok model oluşturulması, basamak dizaynı yapılmış ve açık işletme dizaynı gerçekleştirilmiştir.

5.2 SURPAC Veri Tabanının Oluşturulması

5.2.1 Veri Tabanı (Database)

Veri tabanı adından da anlaşılacağı gibi bilgilerin depolandığı hiyerarşik bir yapıdır. Veri tabanı, içeriği kolaylıkla erişilebilir, yönetilebilir ve kolaylıkla güncellenebilir şekilde düzenlenen bir veri topluluğudur. Bu nedenle veri tabanı kullanılmasının nedenlerini verileri bir merkezden kontrol etmeğe, verilerin yerlerinin çabuk bulunmasına, yeni kullanımlar için verilerin uyarlanabilmesine dayandırılır.

5.2.1.1 Veri (Data)

Herhangi bir cisim üzerinde yapılan ölçümler, gözlemler sonucu ortaya çıkan özellikleridir. Örnek olarak, uzayda köşe koordinatları tespit edilmiş bir üçgen verilebilir.

Veri tabanı tablolardan (table), tablolar sütunlardan (column) oluşur. Sütunlar içerisinde bölünmüş alanlara veriler atanır.

Madencilikte veriler sondajlar sonucu elde edilen ölçümlerden oluşturulmaktadır. SURPAC'ta veriler dört çeşit ölçülebilir.

İsimlendirilerek ölçme

Sıra sayıları ile ölçme

Aralıklı sayılarla ölçme

Oransal ölçme

Tablo 5.1 SURPAC veri tabanında örnek veriler

Sondaj No	X	Y	Z	Giriş Kotu (m)	Çıkış Kotu (m)	Kalınlık (m)	Formasyon	Kalorifik Değer Kcal/kg	Nem %	Kül %
M-49/89	49794.4	53056.5	307.38	0.00	5.00	5.00	Kirectasi	0.00	0.00	0.00
M-49/89	49794.4	53056.5	307.38	5.00	34.00	29.00	Kil	0.00	0.00	0.00
M-49/89	49794.4	53056.5	307.38	34.00	67.20	33.20	Marn	0.00	0.00	0.00
M-49/89	49794.4	53056.5	307.38	67.20	71.30	4.10	Linyit	2153.00	31.62	23.50

SURPAC veri tabanı sondaj verilerini tablolar şeklinde veya direk programa girilmesi şeklinde kabul eder. Tablolar oluşturulduktan sonra oluşturulan tablolar programa “.txt” uzantılı olarak ithal edilir, ithal edilirken “.txt” formatındaki verilerin aralarındaki ayıraç önemlidir hepsi belirli bir formatta “.” “,” “;” veya boşluk şeklinde olmalıdır. Veri tabanı oluşturma sırasında program bunu sormaktadır.

Tablo 5.2 Örnek .txt uzantılı format

```

M-1/99,VERTICAL,177.2,49309.19,52883.34,266
M-2/99,VERTICAL,158.2,49360.46,53025.7,284.21
M-3/99,VERTICAL,164,49191.11,52945.61,256.5
M-4/99,VERTICAL,153.7,49055.63,53390,317.15
M-5/99,VERTICAL,144.3,48936.9,53003.5,247.66
M-6/99,VERTICAL,131.15,49009.75,52931.77,219.89
M-7/99,VERTICAL,121.5,49024.57,53078.85,242.47
M-8/99,VERTICAL,104.1,49456.28,52516.11,223.31
M-9/99,VERTICAL,153.2,49201.71,52798.65,240.47
M-10/99,VERTICAL,117.85,49491.73,52609.48,265.87
M-12/99,VERTICAL,131.7,49917.4,52583.22,240.73
M-14/99,VERTICAL,169,49284.78,53172.7,325.92
M-15/99,VERTICAL,126,49657.63,52954.5,314.07
M-16/99,VERTICAL,158.9,49176.94,53261.82,298.9
M-18/99,VERTICAL,120,48820.4,52864.07,211.86

```

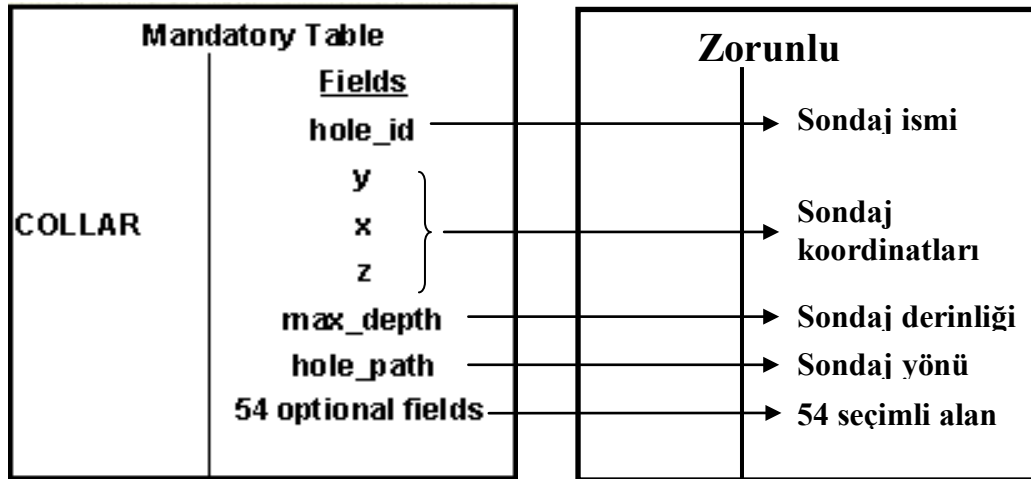
1. sütun Sondaj ismini (hole_id), 2. sütun Sondaj doğrultusunu (hole_path), 3. sütun sondaj derinliğini (max_depth), X koordinatını, 4. sütun Y koordinatını, 5. sütun Z koordinatını göstermektedir.

Veri tabanı çok sayıda alanı içeren birçok tablodan oluşur. Her tabloda zorunlu alanlar bulunmaktadır. Zorunlu tablolarda veriler zamana bağlı değildir. Seçimli tablolarda veriler zamana bağlı yazılabilir. Zamana bağlıdan kasıt analiz tarihleri vs. girilebilmesidir. Veri tabanına veriler; Karakter verileri (Linyit, Kil, Kirectasi ...vb.), Tamsayı verileri (50, 55, 73vb.), Ondalıklı veriler (34.65, 42.12, 98.12vb.), zaman verileri yıl-ay-gün-saat-dakika-saniye (2007.10.6vb.) şeklinde girilebilir.

SURPAC veri tabanında tablolar zorunlu ve seçimli olarak ikiye ayrılır.

5.2.1.2 Zorunlu Tablolar

5.2.1.2.1 *Collar Tablosu*. Sondajın ismi, sondajın X Y Z koordinatları, sondajın derinliği, sondajın dik mi eğimli mi olarak delindiği, buna ilave olarak sondajın yapıldığı tarih, yapılan yer, sondör ismi vb. bilgiler 54 seçimli tabloda eklenebilir. Örnek collar tablosu (Tablo 5.3)'de gösterilmiştir.

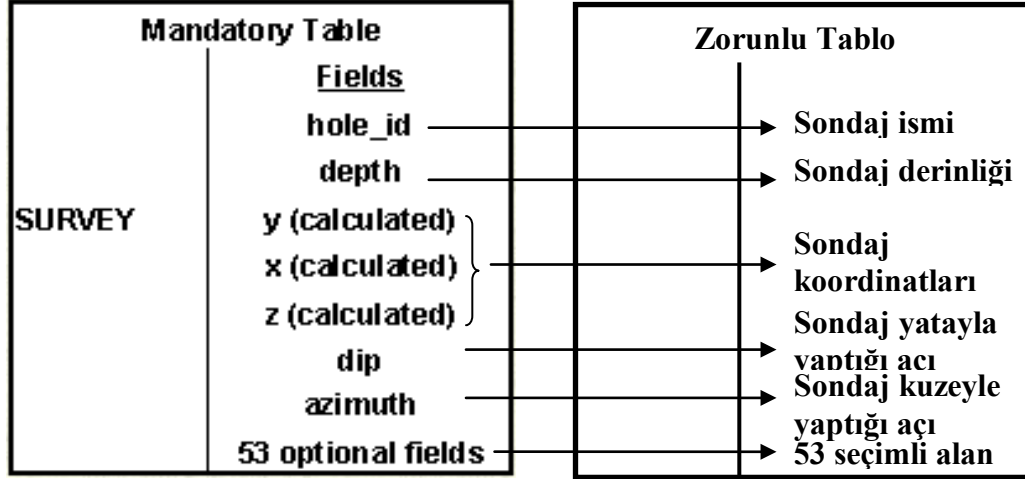


Şekil 5.1 SURPAC veri tabanı zorunlu tablolar, collar tablosu.

Tablo 5.3 Örnek collar tablosu.

hole_id	hole_path	max_depth	x	y	z
M-42/89	VERTICAL	135,250	49903,500	52841,200	330,310
M-43/89	VERTICAL	136,700	50021,200	52820,900	311,750
M-44/89	VERTICAL	119,000	49941,800	52744,440	309,330
M-45/89	VERTICAL	129,200	49998,900	52860,100	335,880
M-46/89	VERTICAL	73,500	50036,900	53032,200	357,460
M-47/89	VERTICAL	46,100	49968,900	53089,200	343,250
M-48/89	VERTICAL	71,400	49753,900	53131,300	330,500
M-49/89	VERTICAL	86,000	49794,400	53056,500	307,380
M-50/89	VERTICAL	137,000	49808,400	52883,400	328,860

5.2.1.2.2 *Survey Tablosu*. Sondajın ismi, sondajın derinliği, istenirse sondajın koordinatları, dip ve azimuth açıları (dik olarak delinen sondajlarda dip -90, azimuth 0 olarak alınır) , yine bunlara ilave olarak çeşitli tanımlama bilgilerinin girilebileceği 53 seçimli tablo da eklenebilir. Örnek survey tablosu (Tablo 5.4)'de gösterilmiştir.

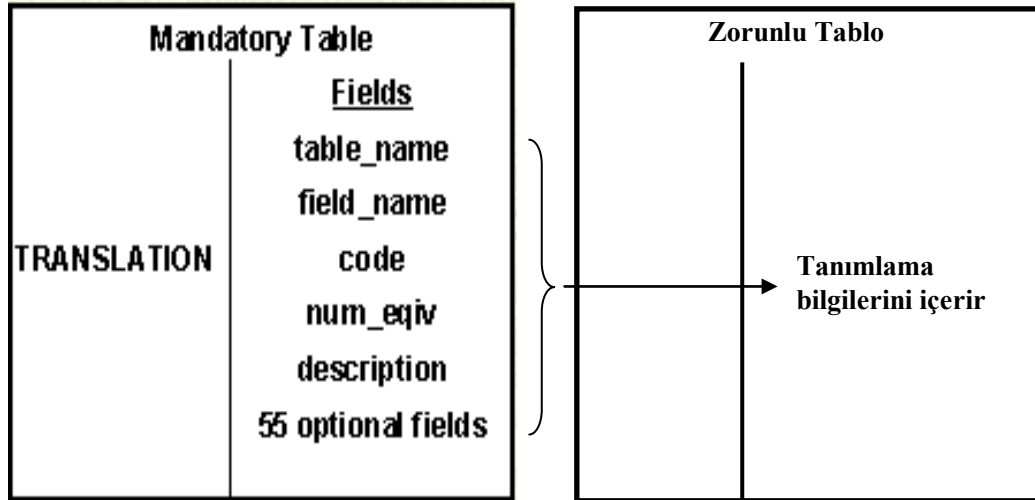


Şekil 5.2 SURPAC veri tabanı zorunlu tablolar, survey tablosu.

Tablo 5.4 Örnek survey tablosu.

azimuth	depth	dip	hole_id
0	135,250	-90	M-42/89
0	136,700	-90	M-43/89
0	119,000	-90	M-44/89
0	129,200	-90	M-45/89
0	73,500	-90	M-46/89
0	46,100	-90	M-47/89
0	71,400	-90	M-48/89
0	86,000	-90	M-49/89
0	137,000	-90	M-50/89

5.2.1.2.3 *Translation Tablosu*. Bu tablo karakterlerle ifade edilir, karakter olarak sayısal değer de kullanılabilir. Belirli aralıktaki formasyonları ifade edecek karakterler verilerek tanımlama yapılabilir. Örnek translation tablosu (Tablo 5.5)'de gösterilmiştir.



Şekil 5.3 SURPAC veri tabanı zorunlu tablolar, translation tablosu.

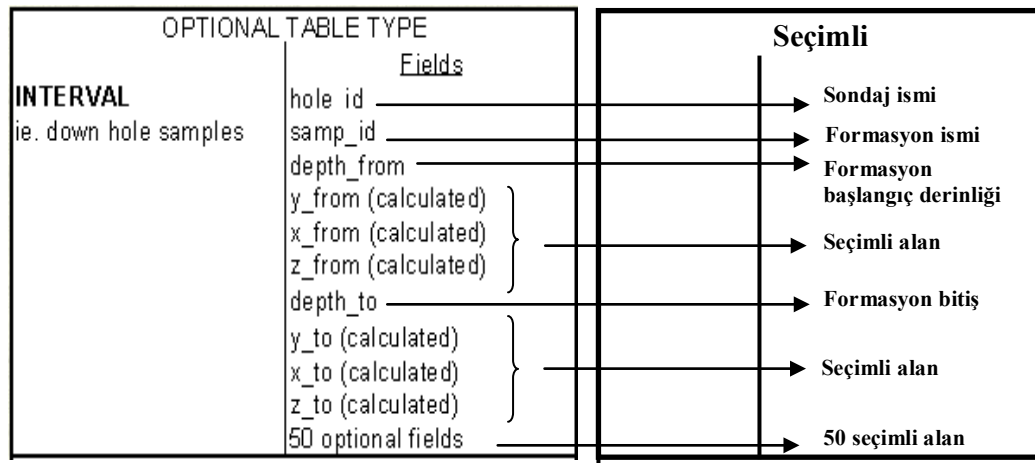
Tablo 5.5 Örnek translation tablosu.

code	description	field_name	table_name
KT	KirecT.	rock	geology
K	Kil	rock	geology
M	Marn	rock	geology
L	Linyit	rock	geology
TF	TurgutF.	rock	geology
CT_KS	CakilT_K.Sist	rock	geology
LH	LinyitH.	rock	geology
K_S	Kil_Sist	rock	geology
M_S	Marn_Sist	rock	geology
M_K	Marn_Kil	rock	geology

5.2.1.3 Seçimli Tablolar

Kullanıcının isteğine bağlı olarak veri tabanında farklı isimlerde seçimli tablolar oluşturulabilir. Bunlar aralıklı tablolar, nokta tablolar, soyut tablolar olarak üçe ayrılır. Örnek seçimli tablo (Tablo 5.6)'de gösterilmiştir.

5.2.1.3.1 Aralıklı Tablolar. Jeolojik formasyonlar yazılır. Ayrıca kimyasal analiz verileri, kömürün giriş çıkış noktaları da yazılabilir.

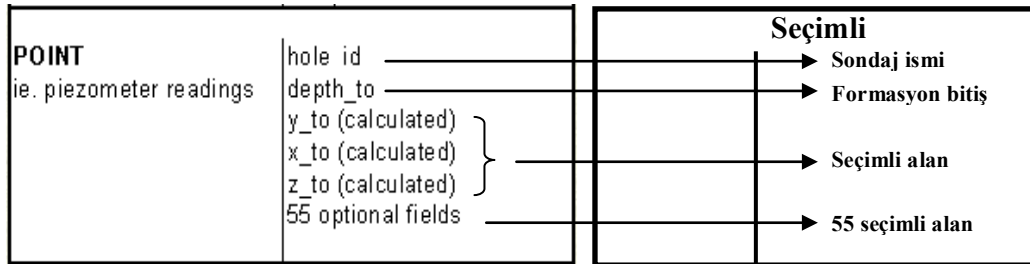


Şekil 5.4 SURPAC veri tabanı seçimli tablolar, interval tablosu.

Tablo 5.6 Örnek seçimli tablo

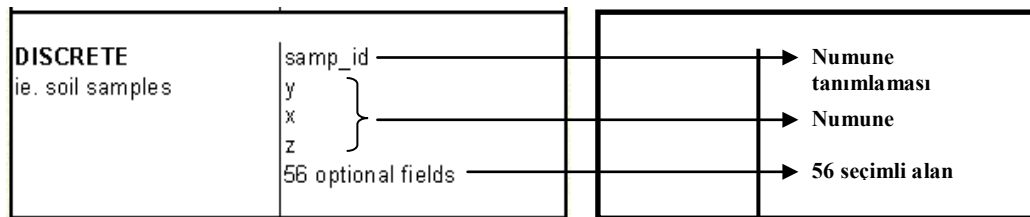
depth_from	depth_to	hole_id	litology
0,000	20,000	M-46/89	KilliKT
20,000	57,900	M-46/89	Marn
57,900	62,700	M-46/89	Linyit-999
62,700	64,400	M-46/89	Linyit
64,400	64,600	M-46/89	Kil
64,600	66,900	M-46/89	Linyit
66,900	68,850	M-46/89	CT_K.St
68,850	69,550	M-46/89	Linyit-999
69,550	73,500	M-46/89	TurgutF.

5.2.1.3.2 *Nokta Tablolar (Point)*. Sondaj verileri ve o noktadaki su geliri benzeri bilgiler girilebilir.



Şekil 5.5 SURPAC veri tabanı seçimli tablolar, point tablosu.

5.2.1.3.3 *Soyut Tablolar (Discrete)*. Soyut tabloların zorunlu (collar, survey, translation) ve seçimli (interval, point) tablolarla hiçbir bağıntısı olmayan tablolarıdır. Bunlara toprak numunelerinin kimyasal analizleri, akarsular tarafından biriktirilen oluşumlar ve benzeri veriler girilebilir.



Şekil 5.6 SURPAC veri tabanı seçimli tablolar, discrete tablosu.

BÖLÜM ALTI

SURPAC V5.0 YAZILIMI İLE MUĞLA MİLAS MEVKİİ YENİKÖY LİNYİTLERİ İŞLETMESİNE BAĞLI IŞIKDERE LİNYİT YATAĞI SAHA ÇALIŞMALARI

6.1 Giriş

Havzanın Jeolojik incelemesi ve sondaj aramaları 1977-2000 yılları arasında MTA Genel Müdürlüğü ve TKİ Genel Müdürlüğü tarafından yapılmıştır. Günümüzde artan enerji ihtiyacı ve üretim yapılan diğer sektörlerde linyit rezervinin azalması nedeniyle Müessese Işıkdere Sektörünün işletilmesine karar vermiştir ve proje çalışmalarını başlatmıştır. Bu çalışmada YLİ İşletme Müdürlüğünden elde edilen 52 adet sondaj stampı değerlendirilmiş ve sektörün jeostatistik, rezerv hesabı, blok modellemesi ve açık işletme dizaynı SURPAC Yazılımıyla üç boyutlu olarak yapılmıştır. Sahanın yer bulduru haritası (Şekil 6.1)'de verilmiştir.

6.2 İşletmenin Coğrafi Konumu

YLİ İşletme Müdürlüğü Güneybatı Anadolu'da Muğla İline bağlı Milas İlçesinin 23 km güneyinde Milas-Ören Karayolu üzerinde bulunmaktadır. Yörede tipik bir Akdeniz iklimi hakimdir. Yazları sıcak ve kurak, kışları ise ılık ve yağışlı olup yağışlar yağmur şeklindedir. Üç adet açık ocakta işletme faaliyeti göstermektedir. İkizköy ocağı ilçe merkezine 21 km. Sekköy ocağı 23 km. Hüsamlar ocağı ise 33 km. mesafededir.



Şekil 6.1 Yer bulduru haritası

6.3 Kömürlü Sahanın Jeolojisi

6.3.1 Genel Jeoloji

Bölgenin civarının stratigrafisi, temeli Paleozoyik yaşta şistler ve Mesozoyik yaşlı kristalize kireç taşları oluşturmaktadır. Bunların üzerine diskordan olarak neojen yaşlı çökeller gelir. Bu birimler iki ana grupta toplanabilir (www.tki.gov.tr).

* Neojen Öncesi Formasyonlar;

- Metamorfik şistler: Paleozoyik yaşlı olup, sahanın güneyinde yer alır.
- Kristalize kireç taşları: Sahanın kuzeyinde, doğusunda ve batısında geniş yayılım gösterir. Mesozoyik yaşlıdır.

*Neojen Formasyonları;

- Turgut formasyonu: Kömürün taban serisini oluşturmakta ve konglomera, kum, silt ve killerden oluşmaktadır.

- Sekköy formasyonu: Sahadaki kömürlü formasyonu karakterize eder. Linyit horizonunun üzerinde marn-kireçtaşından oluşan örtü birimleri yer alır.
- Yatağan formasyonu: Sekköy formasyonunun üzerinde yer alır. Kömür sahası KB-GD istikametindeki bir ok nt  havzasında oluşmuştur.

6.3.2 Yapısal Jeoloji ve Tektonik

ok nt  sahası olan havzada fay tektoniği gelişmiştir. Kenar fayları Neojen öncesinde var olup neojen doldurduğu çukurun oluşmasına neden olmuştur. Sekköy linyit sektöründeki KB-GD doğrultulu iki fayın varlığı tespit edilmiştir. Fayların güney blokları d şm ştir.

 kizk y linyit sektörünün Karaağaç bölümünde kuzeydoğu-güneybatı doğrultulu ve kuzeye doğru yönlenen ve kuzey batı-güney doğu doğrultulu bir fay da son bulan iki fay vardır (www.tki.gov.tr).

6.3.4 Tarihsel Jeoloji

Sekköy- kizk y neojen sahası Milas ilçesinin güneydoğusunda yer alır. Havzada metamorfik şistin ve mesozoik yaşlı kristalize kireçtaşlarının oluşumundan sonra Miyosen başlarına kadar deniz çekilmiş ve saha su üstünde kalmıştır. Orta ve  st Miyosen de mevcut çukurlukları yer yer konglomera ve daha çok kum, silt, kilden ibaret okeller doldurmuştur. Bir süre sonra yeraltı su seviyesinin yükselmesiyle bataklıklar oluşmuştur. Bu bataklıktaki sık bitki örtüsü otuz metreye varan kalınlıkta linyit oluşmasına neden olmuştur. Bitki örtüsünün az ve steril malzemenin çok olduğu yerlerde linyit kalınlığı azdır. Bataklıkların sonradan derinleşip g ller meydana gelmesi saakin bir ortamda bataklık bitkilerini üzerine marndan oluşan okellerin gelmesi ile havzada kömürleşme olayı devam etmiştir. Zamanla g ller sığlaşmış yer yer kireçtaşı teşekkülü oluşmuştur. Sonra Pliyosende g ller kurumaya başlamış iklim kuraklaşmış, civardaki alanlarda erozyon sonucu marn, konglomera, kum, akıldan ibaret karasal kökenli okeller oluşmuştur. Daha sonra Pleyistosende

meydana gelen tektonik hareketler sonucunda sahada çeşitli kırıklar oluşmuş ve günümüze kadar devam eden erozyonlar ile bugünkü topoğrafya ortaya çıkmıştır (www.tki.gov.tr).

6.3.5 Ekonomik Jeoloji

Kömür orijinal halde siyah-koyu kahverengi renktedir. Kuruması halinde rengi siyaha dönüşmekte ve çok parlak bir durum almaktadır. Daha ileri safhada dağılmakta ve içindeki kükürt nedeniyle nemli havada kendi kendine tutuşma özelliği göstermektedir. Kömür içinde gözle görülen yabancı maddeler genellikle prit ve kil bantları ve çeşitli fosillerdir.

Bütün Muğla civarında olduğu gibi havzada linyit horizonu stratigrafik konum olarak tavandaki marnlarla tabandaki kil, kum, silt arasında bulunmaktadır. Linyit horizonu içindeki kalorifik değeri yüksek olan linyit bantları olduğu gibi killi ve siltli yapıdaki linyit bantlarına da rastlanmaktadır. Orijinal linyitte su miktarı %35 civarındadır. 2000 Kcal/kg gibi bir ortalama ısı değeri vardır. Horizon içinde bulunan linyitli kil, linyitli marn, linyitli silt adını verdiğimiz 500-800 Kcal/kg ısı değeri veren seviyeler mevcuttur (www.tki.gov.tr).

MESOZOYİK		SENEZOYİK				KAYA TÜRÜ	ÇÖKELME ORTAMI
ALTI	ORTA	ÜST	DEVİR	GRUP	FORMASYON		
MARÇALI	AKÇAY GRUBU	MUĞLA	YATAĞAN	YATAĞAN	YATAĞAN	Kum Çakıl	AKARSU
Jk	KERME	TURGUT	SEKKÖY	SEKKÖY	SEKKÖY	Kırmızı renkli karbonatlı çamurtaşı – Kumtaşı – Kaba çakıltası	ALÜVYON YELPAZESİ
						Kiltası Karbonatlı Kiltası Linyit horizonu	GÖL
						Çakıltası – Çakıllı kumtaşı – Kumtaşı araldanması	AKARSU
						Kumtaşı – Çakıllı kumtaşı	Alüvyon Yelpazesi
						Çakıltası – kumtaşı – kiltası- Killi kireçtaşı - linyit	Lagün Sığdeniz
						Kristalize kireçtaşı Dolomit, dolomitik kireçtaşı	Denizel
						Kumtaşı – Şeyl Kireçtaşı Çakıl taşı -Meta kumtaşı	

Şekil 6.2 Muğla – Milas linyit sahasına ait stratigrafik kesit (Yeniköy Linyitleri İşletmesi Müdürlüğü).

6.4 İşletme Hakkında Genel Bilgi

18.07.1986 tarihinden itibaren (2x210) MW gücündeki Yeniköy, 24.09.1993 tarihinden itibaren (3x210) MW gücündeki Kemer köy Termik Santralleri ile yörenin teshin ve sınai kömür ihtiyacını karşılamak üzere Yeniköy Linyitleri İşletmesi 01.01.1984 tarihinde kurulmuş olup 31.12.1993 tarihine kadar Güney Ege Linyitleri İşletmesi Müessesesine (GELİ) bağlı olarak çalışmış ve 01.01.1994 tarihinden itibaren Yeniköy Linyitleri İşletme Müdürlüğü olarak TKİ Genel Müdürlüğü'ne bağlanmıştır.

İşletme, TKİ Genel Müdürlüğü yönetim kurulunun 28.08.1995 tarih 350/315 sayılı kararı ile 01.09.1995 tarihinden geçerli olmak üzere Yeniköy Linyitleri İşletmesi Bölge Müdürlüğü'ne, Yönetim kurulunun 15.04.2002 tarih 14/123 sayılı kararı ile de 30.04.2002 tarihinden itibaren de İşletme Müdürlüğü'ne dönüştürülmüştür (www.tki.gov.tr).

İşletmenin kuruluş amacı; Sekköy, İkizköy, Karacağağaç ve Hüsamlar köyleri civarında bulunan düşük kalorili linyit rezervlerinin üretilip, Yeniköy ve Kemerköy Santrallerinde yakılarak enerji elde edilmesiyle, yörenin enerji ihtiyacını karşılamasıdır.

6.5 İşletmenin Faaliyetleri

İşletme ocakları açık işletme yöntemi ile çalışmaktadır. Sekköy ve İkizköy Ocaklarında kömür damarı üzerindeki örtü kalınlıkları farklı olup, ortalama Sekköy Ocağında 50m, İkizköy Ocağında ise 84 metredir.

Açık İşletmede; delme patlatma ile gevşetilen örtü tabakası 15Yd³ 4 adet elektrikli ekskavatörlerle 85 S.Ton'luk damperli kamyonlara yüklenip toprak döküm harmanlarına taşınmaktadır. Kömür damarı üzerinde yaklaşık 20m örtü kalınca bu da 32Yd³ lük 2 adet Dragline ile kazılıp daha önce kömürü üretilmiş boşluğa atılmaktadır. Üstü açılan kömür damarı 10Yd³ lük 2 adet elektrikli ekskavatör ile

kazılıp 120 ve 150 S.Tonluk alttan boşaltmalı kamyonlara yüklenerak termik santralin kırıcı bunkerlerine boşaltılmaktadır. Buraya boşaltılan kömür de termik santralin taşıyıcı bant sistemi ile santrale taşınıp yakılarak enerji elde edilmektedir.

İşletme Müdürlüğünde ilk işletme faaliyetleri başladığı yıldan itibaren 2007 yılı dahil gerçekleştirilen toplam dekapaj miktarları aşağıdaki tabloda görülmektedir (www.tki.gov.tr).

Tablo 6.1 Dekapaj miktarı (m³)

YIL	İKİZKÖY	SEKKÖY	HÜSAMLAR
1978 - 2007*	-	127.468.023	-
1986 - 2007*	71.826.535	-	-
1987 - 2007*	-	-	49.434.745
TOPLAM	71.826.535	127.468.023	49.434.745



Şekil 6.3 İkizköy Açık Ocağı genel görünüşü.

6.6 İşletmenin Üretimi

İşletmede üretilen kömür Yeniköy ve Kemerköy Santrallerinin ihtiyacını karşılamakta olup serbest satış yapılmamaktadır. Serbest satışa izin verildiği zaman piyasa kömür ihtiyacını karşılayabilmek için 50 ton/saat kapasiteli kriblaj tesisi mevcuttur. Kemerköy Santralına günde ortalama 17.000 ton, Yeniköy Santralına günde ortalama 13.000 ton olmak üzere 0-1000 mm boyutunda kömür verilmektedir. Piyasaya verilecek kömür ise + 30 mm boyutundadır. İşletme Müdürlüğünde ilk işletme faaliyetleri başladığı yıldan itibaren 2007 yılı dahil gerçekleştirilen toplam üretim miktarları aşağıdaki tabloda görülmektedir.

Tablo 6.2 Toplam üretim (ton)

YIL	İKİZKÖY	SEKKÖY	HÜSAMLAR
1978 - 2007*	-	60.699.058	-
1986 - 2007*	17.911.854	-	-
1987 - 2007*	-	-	28.741.130
TOPLAM	17.911.854	60.699.058	28.741.130



Şekil 6.4 İkizköy Açık Ocağı genel görünüşü.



Şekil 6.5 Üretim yapılacak bölgeden bir kesim.



Şekil 6.6 Üretim yapılacak bölgenin kuş bakışı görünümü (Google Earth).

6.7 Veri Tabanının Oluşturulması

Muğla-Milas Yeniköy Linyitleri İşletmesi Müdürlüğünden alınan sondaj loglarından Collar, Survey, Translation, Geology, Sample dosyaları “.txt” uzantılı olarak hazırlanmış. Bu dosyalar programa yüklenerek veri tabanı oluşturulmuştur. (Sahanın proje çalışmasının devam etmesi nedeniyle veri tabanını oluşturan sondaj verileri çalışmada verilmemiştir. Veriler için, sondaj stamplarına Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumundan ulaşılabilir).

6.8 Rezerv Hesabı

6.8.1 Topoğrafyanın Oluşturulması

İşletmeden alınan topoğrafya verileri programa yüklenmiştir. Eksik veriler mesafenin tersi (inverse distance) yöntemi ile tahmin edilip topoğrafya oluşturulmuştur (şekil 6.8).

6.8.2 Kesitlerin Alınması

Sondajlar üç boyutlu olarak programa yerleştirilmiş ve çeşitli yönlerde, sondajlar üzerinden kesitler alınmıştır. Sondajların düzensiz açılmış olması, sondajlar arası mesafenin çok farklılık göstermesi (şekil 6.7) ve uzak olması nedeniyle kesitler 100m aralıklarla alınmıştır (şekil 6.11). Daha sonra kesitler birleştirilerek damar üç boyutlu olarak oluşturulmuştur (şekil 6.12-13).

6.8.3 Solid (Katı Yüzey) Yöntemiyle Damar Hacminin Hesaplanması

Üç boyutlu oluşturulan damarın hacmi hesaplanmıştır. (Tablo 6.3)'de SURPAC çıktısı olarak damarın hacmi (m³) ve yüzey alanı (m²) verilmiştir.

Tablo 6.3 Kömür damarı hacmi (m³) ve yüzey alanı (m²)

Surpac Vision

Jul 25, 2015

SOLID MODELLING OBJECT REPORT

Layer Name : damar.dtm

Object: 1 Trisolation: 1

Validated = true Status = solid

Trisolation Extents

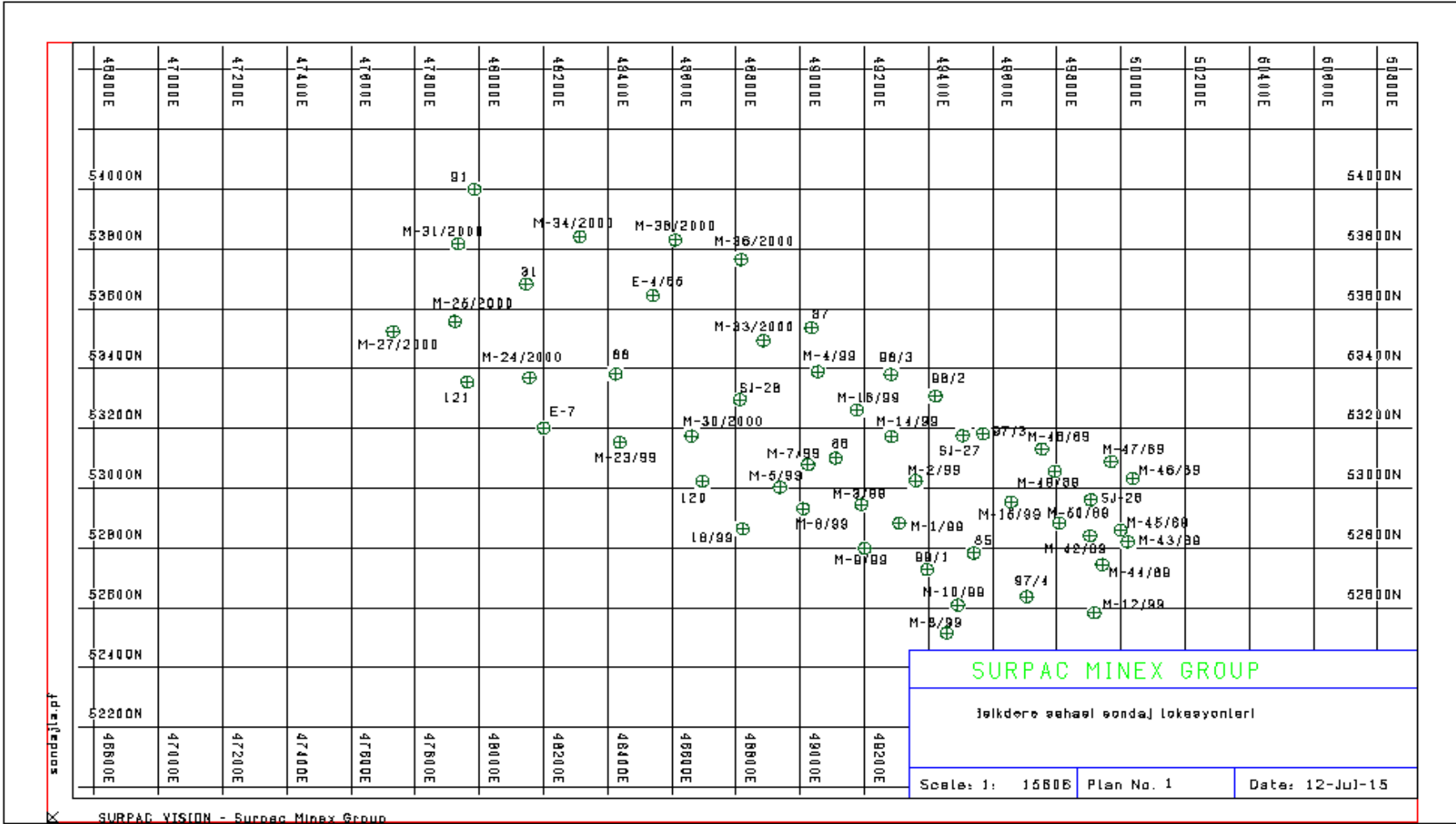
X Minimum: 47730.820 X Maximum: 50036.900

Y Minimum: 52516.110 Y Maximum: 54000.100

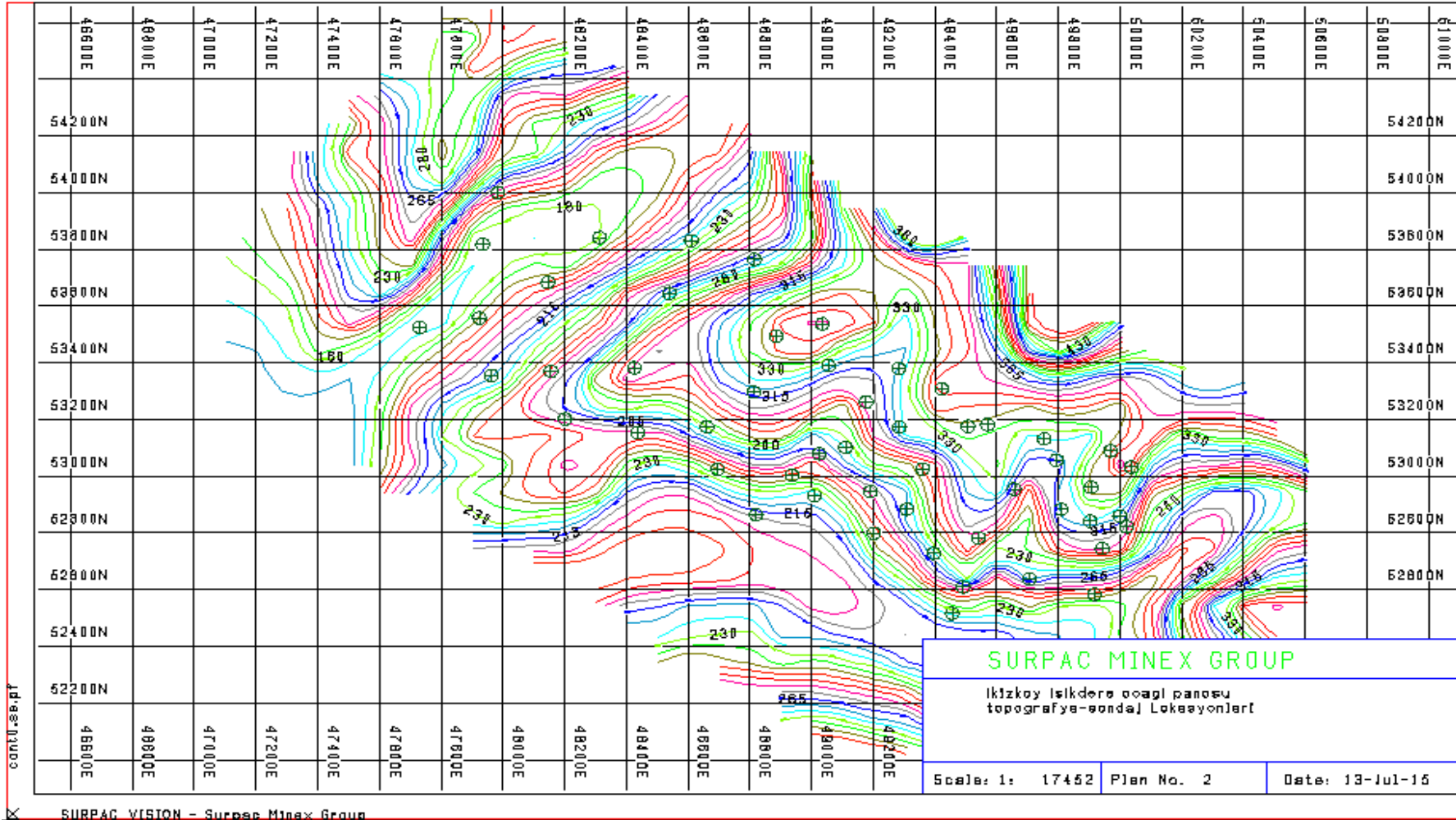
Z Minimum: 86.660 Z Maximum: 304.250

Surface area: 2838494

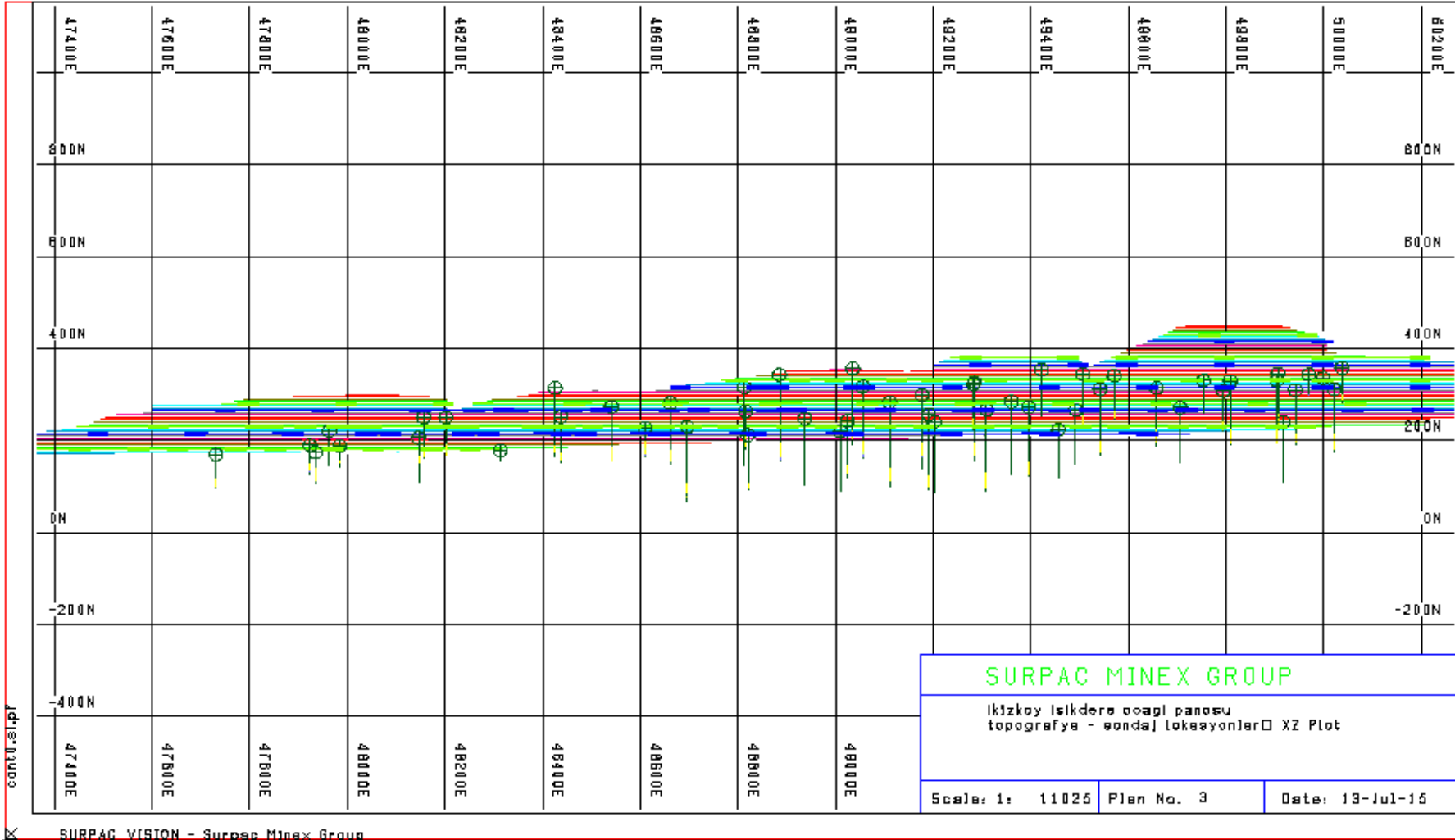
Volume : 23839610



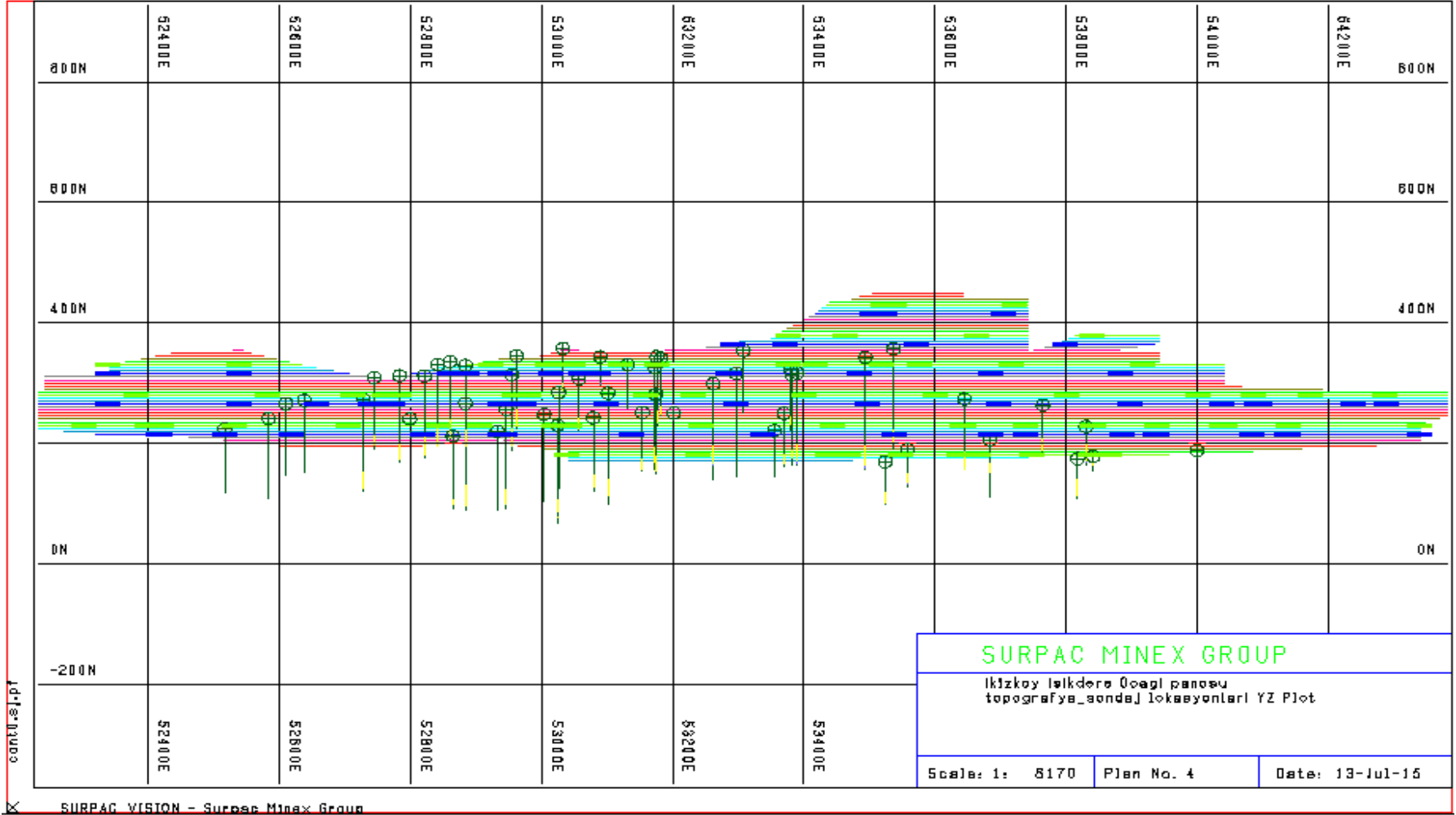
Şekil 6.7 İkizköy Işıkdere Ocağı panosu sondaj lokasyonları.



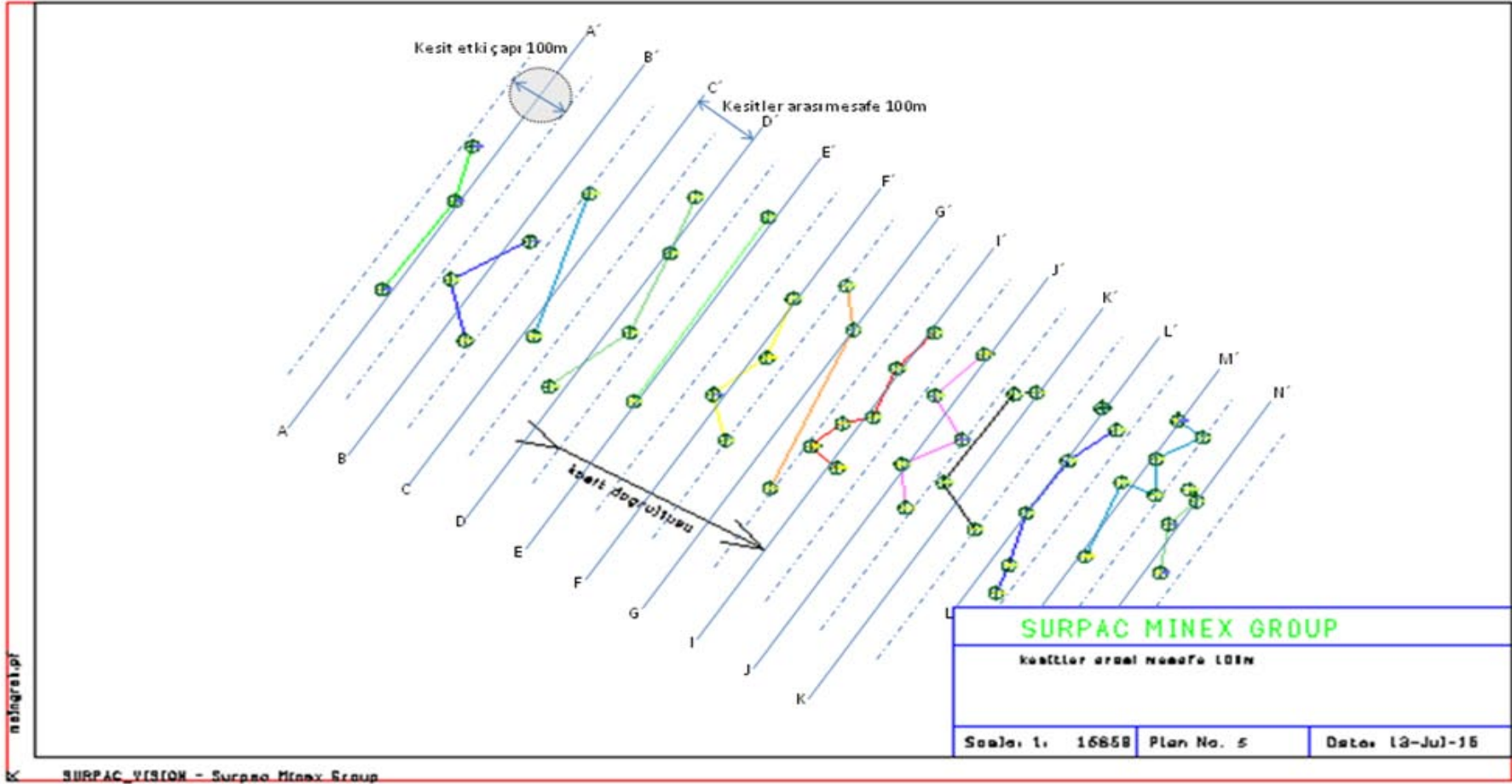
Şekil 6.8 İkizköy Işıkdere Ocağı panosu topografya – sondaj lokasyonları XY Plot.



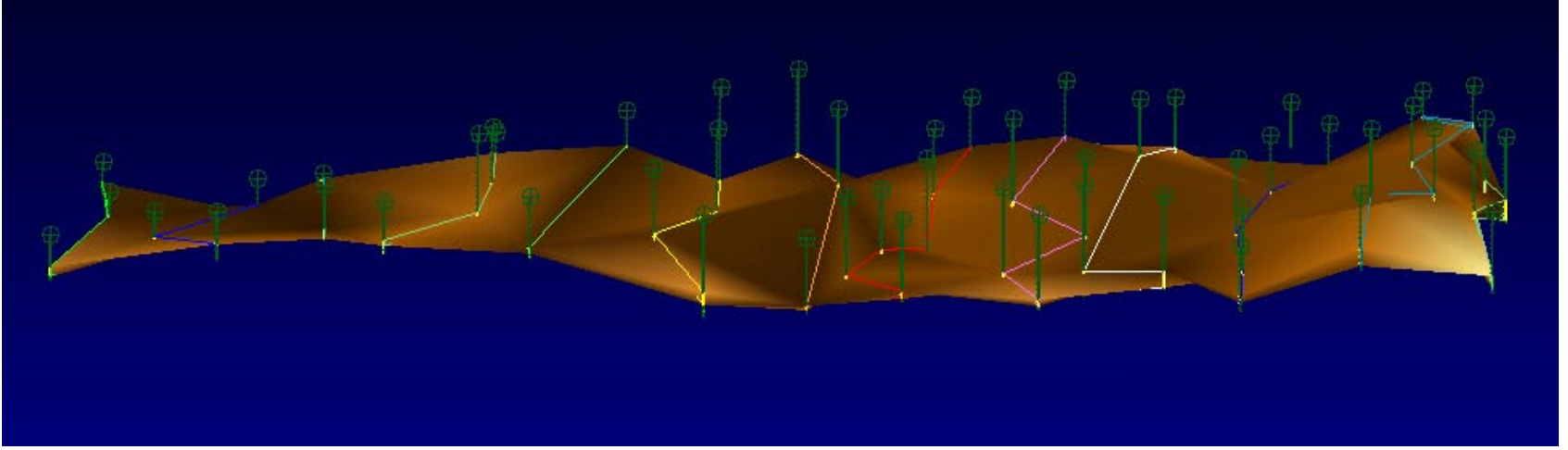
Şekil 6.9 İkizköy Işıkdere Ocağı panosu topoğrafya – sondaj lokasyonları XZ Plot.



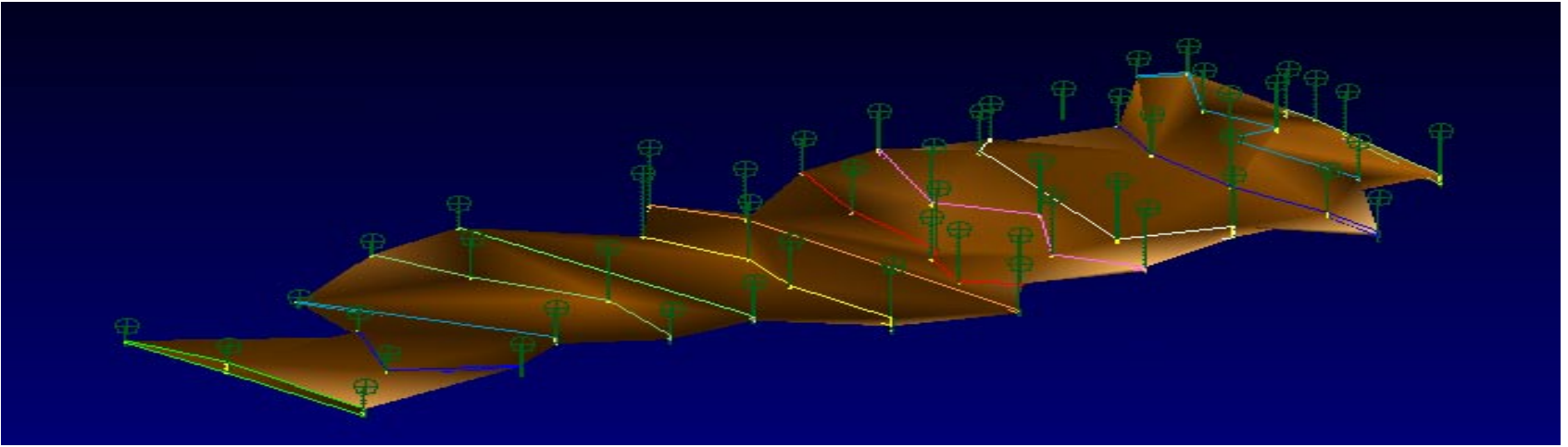
Şekil 6.10 İkizköy Işıkdere Ocağı panosu topografya – sondaj lokasyonları YZ Plot.



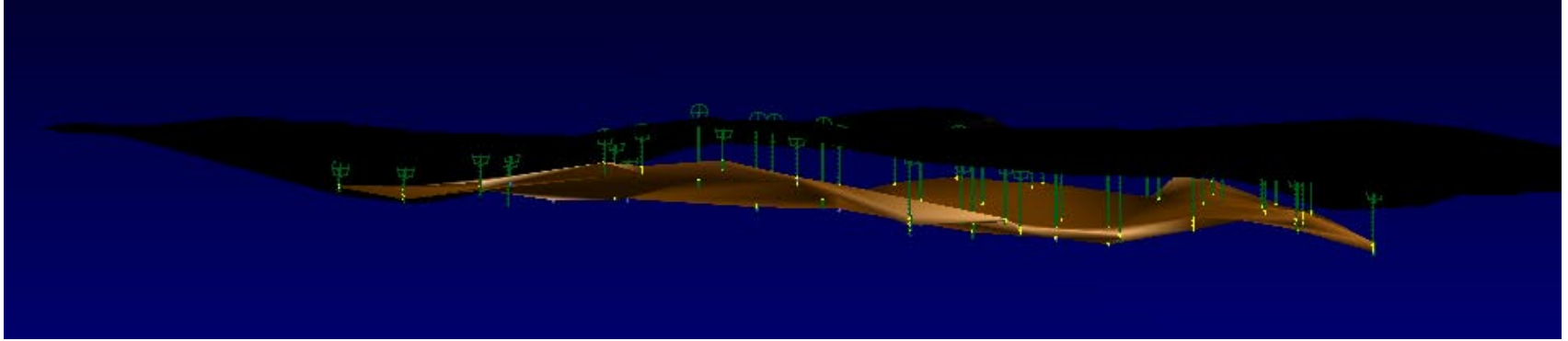
Şekil 6.11 100m mesafeyle alınmış kesitler.



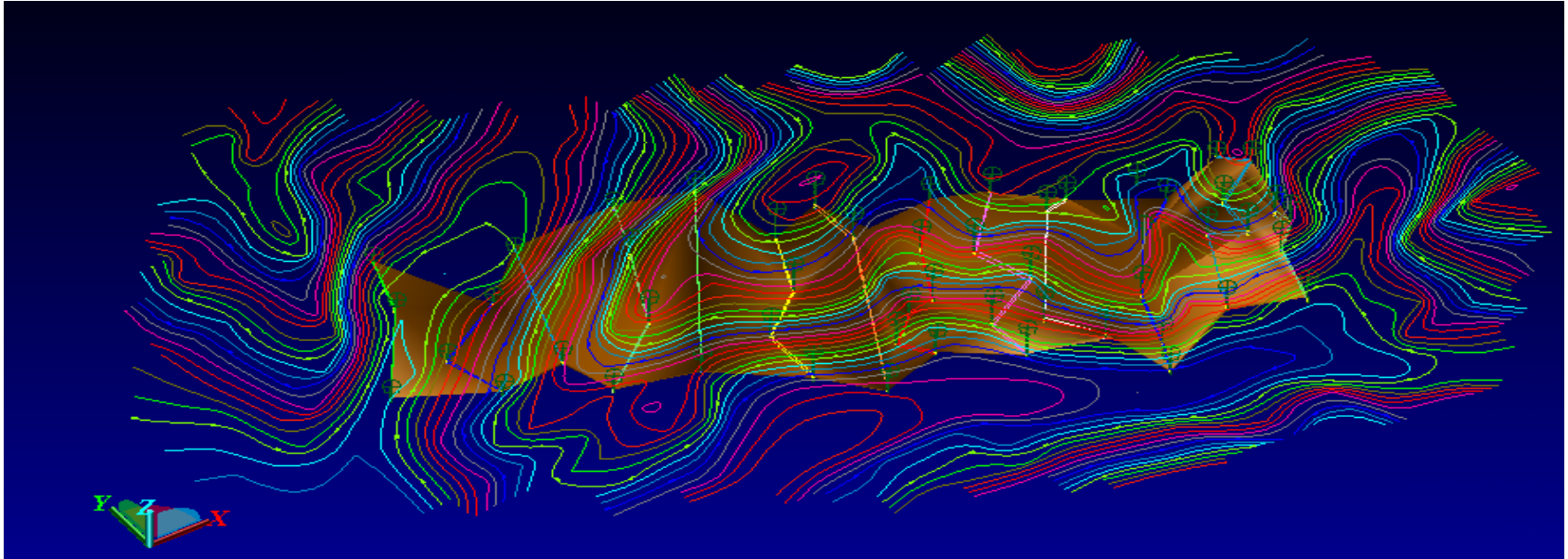
Şekil 6.12 Kesitlerin damar üzerinde gösterimi.



Şekil 6.13 Kesitlerin damar üzerinde gösterimi.



Şekil 6.14 Topoğrafya ve kömür damarı.



Şekil 6.15 Topoğrafya ve kömür damarı.

6.9 Kömür Damarının Jeostatistiksel Değerlendirilmesi

İstatistik ve Jeostatistik hesabına geçmeden önce her sondaj için kalori değeri, kömür giriş çıkış kotlarına göre (arakesmeler dahil) ağırlıklı ortalaması alınmış birer metrelik parçalara bölünmüştür.

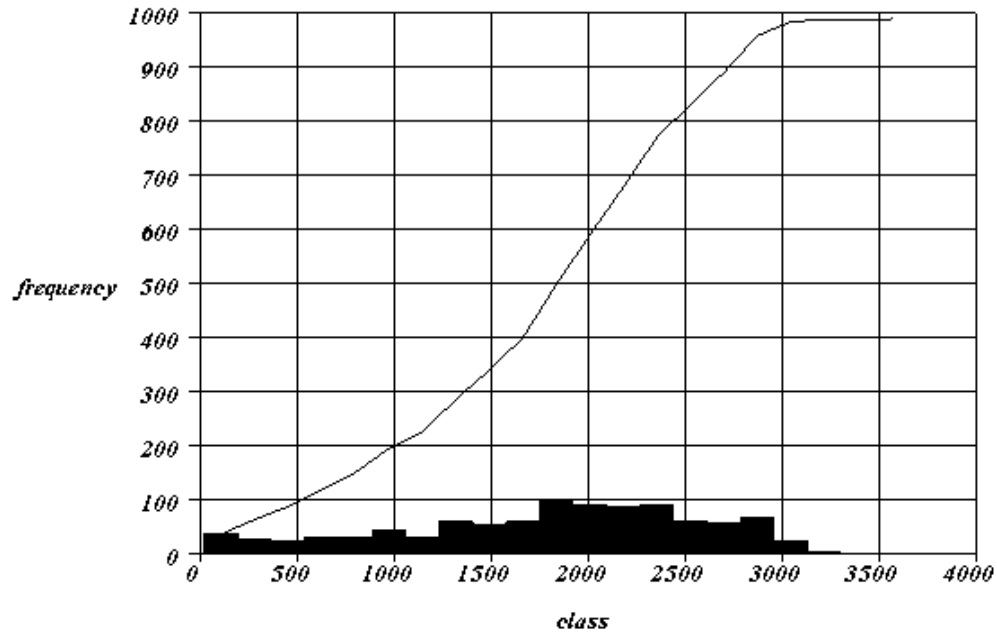
Örnek olarak 120'nolu sondajın kaloriye göre parça değerleri (Tablo 6.4)'de verilmiştir.

Tablo 6.4 Bir metrelik ayrılmış parça değerleri

compos1m.str,16-Jul-15,Downhole composite of assays,						
1,	53024.200,	48696.100,	105.260,	3127.0000,	120,124.000,	125.000,,1.000
1,	53024.200,	48696.100,	104.260,	3127.0000,	120,125.000,	126.000,,1.000
1,	53024.200,	48696.100,	103.260,	3127.0000,	120,126.000,	127.000,,1.000
1,	53024.200,	48696.100,	102.260,	2459.0000,	120,127.000,	128.000,,1.000
1,	53024.200,	48696.100,	101.260,	2459.0000,	120,128.000,	129.000,,1.000
1,	53024.200,	48696.100,	100.260,	2249.0000,	120,129.000,	130.000,,1.000
1,	53024.200,	48696.100,	99.260,	2207.4000,	120,130.000,	131.000,,1.000
1,	53024.200,	48696.100,	98.260,	3090.0000,	120,131.000,	132.000,,1.000
1,	53024.200,	48696.100,	97.260,	1990.3500,	120,132.000,	133.000,,1.000
1,	53024.200,	48696.100,	96.260,	1762.4900,	120,133.000,	134.000,,1.000
1,	53024.200,	48696.100,	95.260,	1304.8700,	120,134.000,	135.000,,1.000
1,	53024.200,	48696.100,	94.260,	2529.8500,	120,135.000,	136.000,,1.000
1,	53024.200,	48696.100,	93.260,	887.2500,	120,136.000,	137.000,,1.000
1,	53024.200,	48696.100,	92.260,	1365.0000,	120,137.000,	138.000,,1.000
1,	53024.200,	48696.100,	91.260,	1365.0000,	120,138.000,	139.000,,1.000
1,	53024.200,	48696.100,	90.260,	3041.0000,	120,139.000,	140.000,,1.000
1,	53024.200,	48696.100,	89.260,	1316.7980,	120,140.000,	141.000,,1.000
1,	53024.200,	48696.100,	88.260,	1529.8325,	120,141.000,	142.000,,1.000
1,	53024.200,	48696.100,	87.260,	1676.4000,	120,142.000,	143.000,,1.000

6.9.1 Tek Değişkenli İstatistiksel Analiz

Bu bölümde sahadaki tüm sondaj değerleri için, yatağın kalori değerinin istatistiksel analizi yapılmıştır. Amaç kalori değerinin dağılımını görmek ve yapılacak variogram analiziyle karşılaştırma yapmaktır.



Şekil 6.16 İstatistik histogramı.

Tablo 6.5 Kalori değerine göre istatistik sonucu

SURPAC MINEX GROUP	SURPAC2000 STATISTICS	16-Jul-2015

Variable	: D1	
Transformation:	x	
Number of samples:	990	
Minimum	: 26.050	
Maximum	: 3476.000	
Mean	: 1801.313	
Variance	: 606657.773	
Standard deviation	: 778.882	
Coefficient of variation:	.432	
Skewness:	-.478	
Kurtosis:	2.440	
Median	: 1915.000	
Trimean	: 1879.000	
Biweight	: 1867.603	
MAD	: 544.396	
Alpha	: -25.789	
Sichel-t:	Not Calculated	

İstatistik sonucunda genel olarak yatağın 1250-2500 kalori değerleri arasında dağılım gösterdiği (Şekil 6.16) görülmektedir. İncelenen 990 örneğin istatistik sonuçları (Tablo 6.5) görülmektedir.

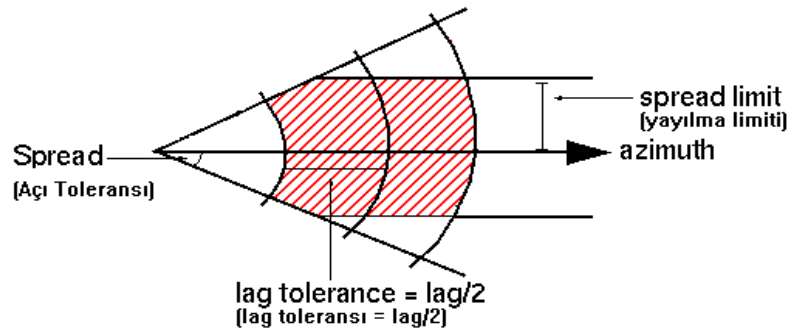
6.9.2 Variogram Analizi

Kriging yöntemine geçebilmek ve sonrasında blok modeli oluşturabilmek için yatağın variogram analizi (yapısal analizi) yapılmıştır.

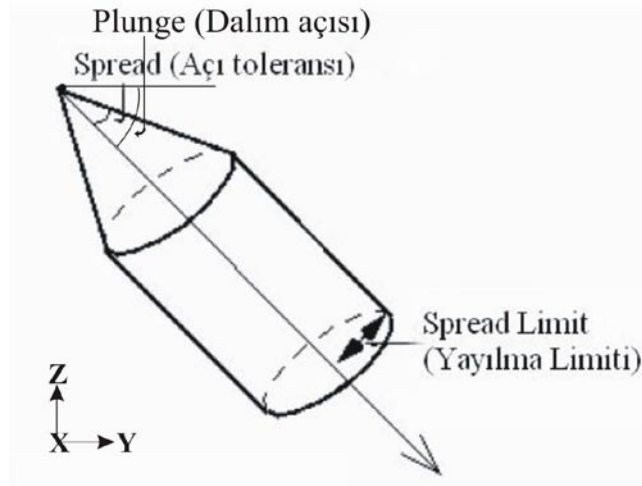
Deneysel variogramların iki ya da daha çok boyut içeren ve düzensiz olan veriler için hesaplanması özel teknikler gerektirir. Bunun için veriler, uzaklığa ve yöne göre uzaklık ve açı toleransları içinde gruplandırılır. Uzaklık ve açı toleransları büyük olduğunda veri çifti sayısı artar.

Variogram birim bir uzaklık ve bunun katları için hesaplanır. Bu birim uzaklık, adım (lag) uzaklığı ya da adım aralığı olarak bilinir ve adım aralığı katlarının ulaşacağı maksimum mesafe (Max Distance) belirlenir. Örnekleme düzeni uygun bir adım uzaklığına ilişkin ipuçları verir. Bu adım uzaklığı içerisindeki örnek çiftlerinin oluşturduğu dağılıma göre variogram fonksiyonu belirlenir (Şekil 6.18).

Açı toleransı (spread) ± 90 olduğunda olanaklı bütün veri çiftleri deneysel variogramın hesabında kullanılır. Bu tür variogramlar; çeşitli yönlerdeki variogramların ortalaması şeklinde düşünülür. Tolerans açısı ± 90 olduğundan variogram konisi küreselleşir, dalım açısı (plunge) önemini yitirir ve koninin dalım yönü önemli bir rol oynamaz bu nedenle en açık yapıyı veren uzaklık parametreleri kolayca belirlenebilir (Şekil 6.18). Ve variogram herhangi bir yönsel variogramdan daha fazla örnek içerdiğinden kolay yorumlanabilir bir yapı gösterir. Fakat daha detaya inilip bölgesel değişkenin yapısının farklılık gösterdiği (anizotropi) durum incelendiğinde açı toleransı küçültülür ve mümkün olduğu kadar küçük açı toleransı kullanılır. Spread limit (yayılma limiti); açı toleransına (spread) bağlı oluşturulan koninin kapsadığı alan aralığını belirlemede kullanılır (Şekil 6.17).



Şekil 6.17 Variogram analizi parametreleri.

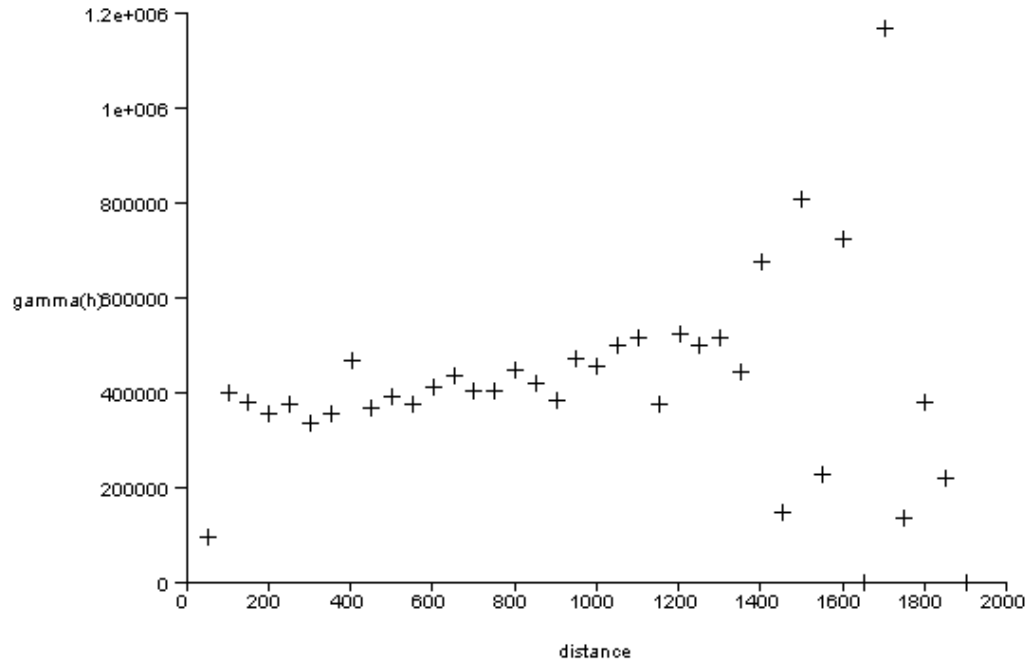


Şekil 6.18 Variogram analizi parametreleri.

Kalori için yapılan variogram analizleri azimuth, plunge, spread, spread limit, lag parametreleri değiştirilerek çeşitli yönlere göre yapılmıştır ve variogram model parametrelerinin doğruluğu çapraz doğrulama tekniği ile kontrol edilmiştir. Kullanılan variogram parametreleri (Tablo 6.6) ve SURPAC çıktısı olarak (Tablo 6.7)'de verilmiş. Bu parametrelere göre variogram bulutu oluşturulmuş (Şekil 6.19) ve grafiğe geçirilmiştir. Grafiğin fonksiyonu olarak Nugget Structure Sill, Range değerleri (Tablo 6.8) bulunmuştur. Bulunan en uygun variogram analizi (Şekil 6.20) verilmiştir.

Tablo 6.6 Variogram analizi parametreleri

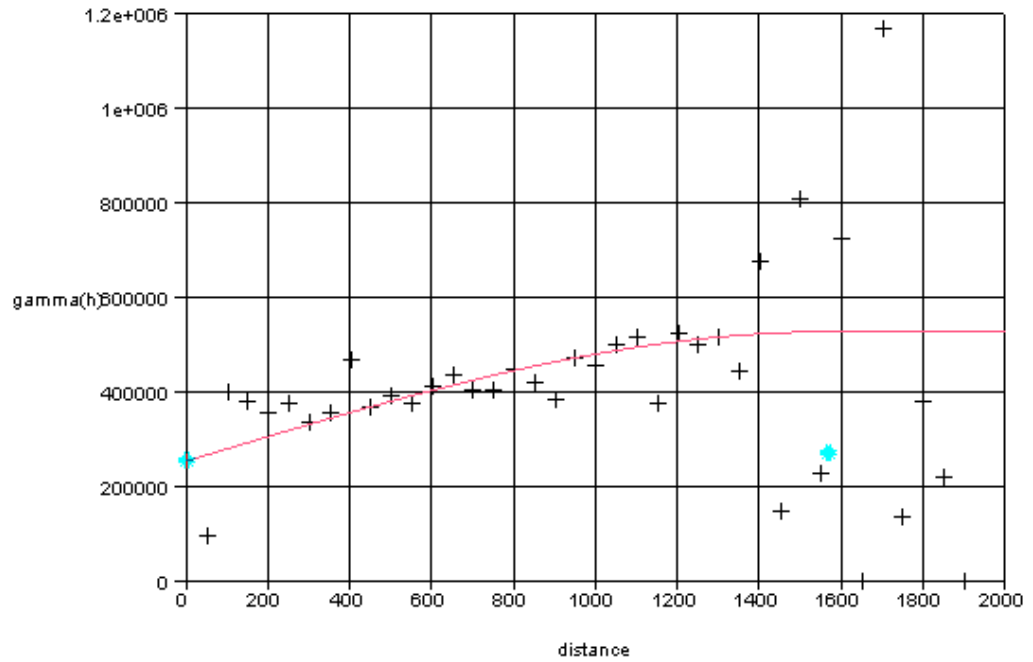
Azimuth	Plunge (Dahım Açısı)	Spread (Açı Toleransı)	Spread Limit	Lag (Adım Uzaklığı)	Max Distance (Max. Mesafe)	Min Value (Min. Değer)	Max. Value (Max. Değer)
90	0	45	250	50	1900	500	3500



0 -> 90 (45)

Normal variogram

Şekil 6.19 Cevher kalorisi variogram değerleri.



0 -> 90 (45)

Normal variogram

Şekil 6.20 Cevher kalorisi variogram değerlerinin grafiğe geçirilmesi.

Tablo 6.8 Variogram analizi sonuçları

Nugget (Külçe)	Structure Sill (Eşik Yapısı)	Range (Aralık)
256036.000	284038.000	1567.000

6.9.3 Variogram Analizi Doğrulaması

Variogram parametrelerinin doğruluğu hesaplanan değerler ile gerçek değerler arasındaki küçüklüğe bağlıdır. Mükemmel bir uyum için bu fark sıfır olmalıdır. Bu mümkün olmadığı için gerçek değerlerle hesaplanan değer arasındaki en küçük farkı veren parametrelerin doğruluğu (Tablo 6.9)'dan yorumlanmıştır. Histogramlar incelendiğinde hataların sıfır değeri üzerinde yoğunlaştığı görülmektedir.

Tablo 6.9 Variogram analizi doğrulaması parametreleri

SURPAC	VARIOGRAM VALIDATION Downhole composite of assays	16-Jul-15

VARIOGRAM PARAMETERS		
ANGLES OF ROTATION OF THE MAJOR AXIS;		
Bearing	0.00	
Dip angle	0.00	
Tilt angle	0.00	
ANISOTROPY FACTORS;		
Semi-major axis	1.00	
Minor axis	1.00	
TYPE OF VARIOGRAM = SPH		
Sill	540074.0000	
Nugget effect	256036.0000	
MODEL	C VALUE	RANGE
1	284038.000	1567.
OTHER INTERPOLATION PARAMETERS		
Max search distance of major axis	650.	
Max vertical search distance	50.	
Max number of samples used per block	3500	
Min number of samples used per block	1	

DEBUGGING OUTPUT		

COMBINED ROTATION AND ANISOTROPY MATRIX		
2.64845e-014	-1.00000e+000	0.00000e+000
1.00000e+000	2.64845e-014	0.00000e+000
0.00000e+000	0.00000e+000	1.00000e+000

Tablo 6.9 Variogram analizi doğrulama parametreleri (Devam)

```

KRIGING RESULTS
TRUE VALUE= 2459.000 ESTIMATED VALUE= 2203.873 ERROR=-255.1266 STD_DEV=519.3638
SUMMARY STATISTICS OF KRIGING ERRORS
  MEAN                -0.8302
  VARIANCE             435293.2281 <<<<<<
  STD. DEVIATION       659.7676
  AVG. SQ. ERROR       434913.4163
  WEIGHTED SQ. ERR.    433815.1661
  SKEWNESS             0.5991
  KURTOSIS             3.0126
  NO. OF ASSAYS        1144
  AVG KRIG VARIANCE    267598.3092 <<<<<<
  PERCENTAGE OF ERRORS WITHIN
  TWO STD. DEVIATIONS  88.90 <<<<<<

```

HISTOGRAM OF KRIGING ERRORS

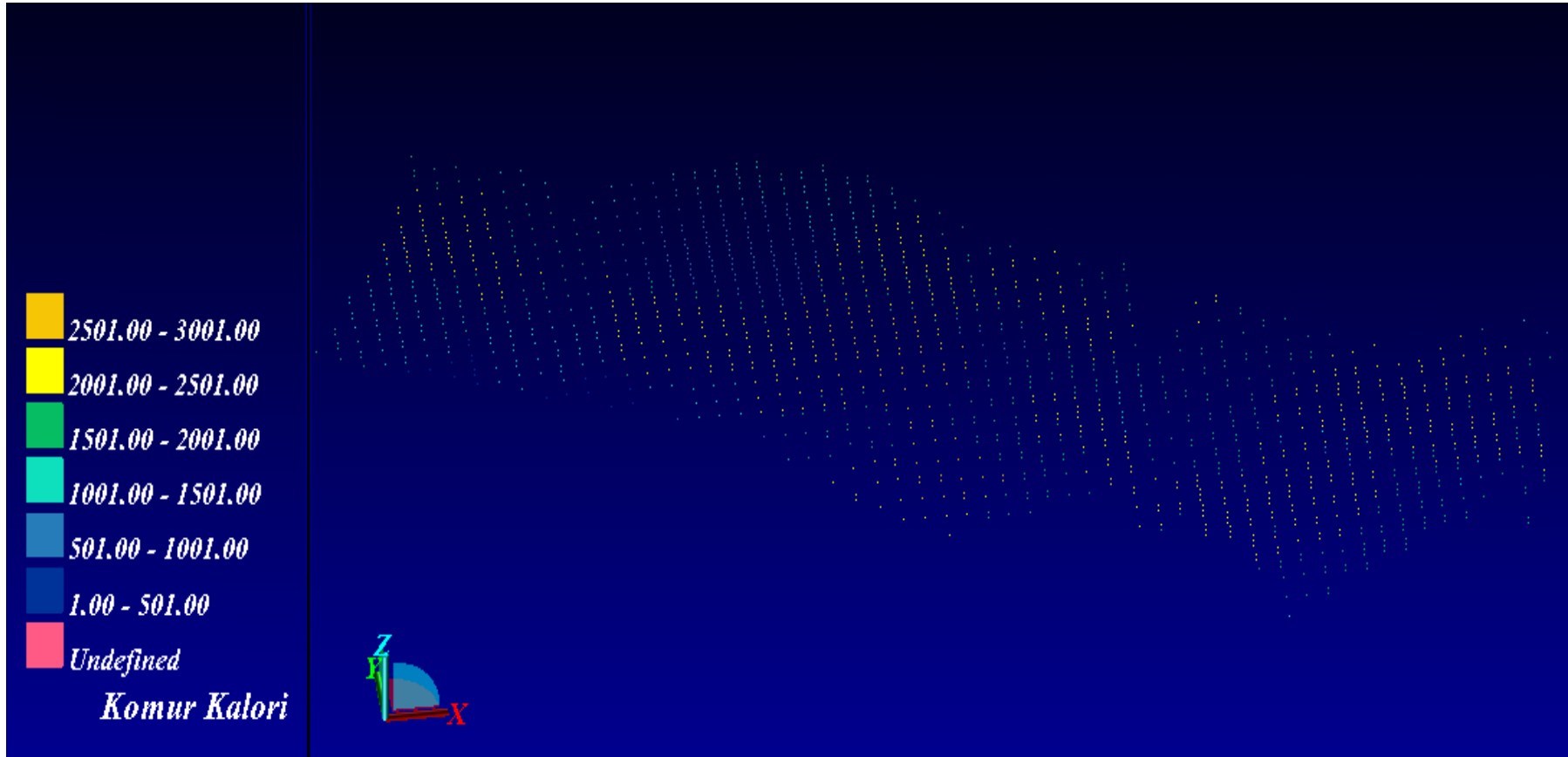
OBSV	RELA	CUML	UPPER	CELL	LIMIT	0	5	10	15	20	25
7	0.006	0.006	-1313.6915	+							+
10	0.009	0.015	-1075.9101	++							+
76	0.066	0.081	-838.1287	*****							+
120	0.105	0.186	-600.3473	*****							+
161	0.141	0.327	-362.5659	*****							+
168	0.147	0.474	-124.7845	*****							+
186	0.163	0.636	112.9969	*****							+
132	0.115	0.752	350.7783	*****							+
73	0.064	0.816	588.5596	*****							+
66	0.058	0.873	826.3410	*****							+
49	0.043	0.916	1064.1224	*****							+
41	0.036	0.952	1301.9038	*****							+
26	0.023	0.975	1539.6852	*****							+
23	0.020	0.995	1777.4666	*****							+
6	0.005	1.000	INF	+							+
----				+	+	+	+	+	+	+	+
1144				0	5	10	15	20	25		

HISTOGRAM OF ERRORS/(SQUARE ROOT OF KRIGING VARIANCE)

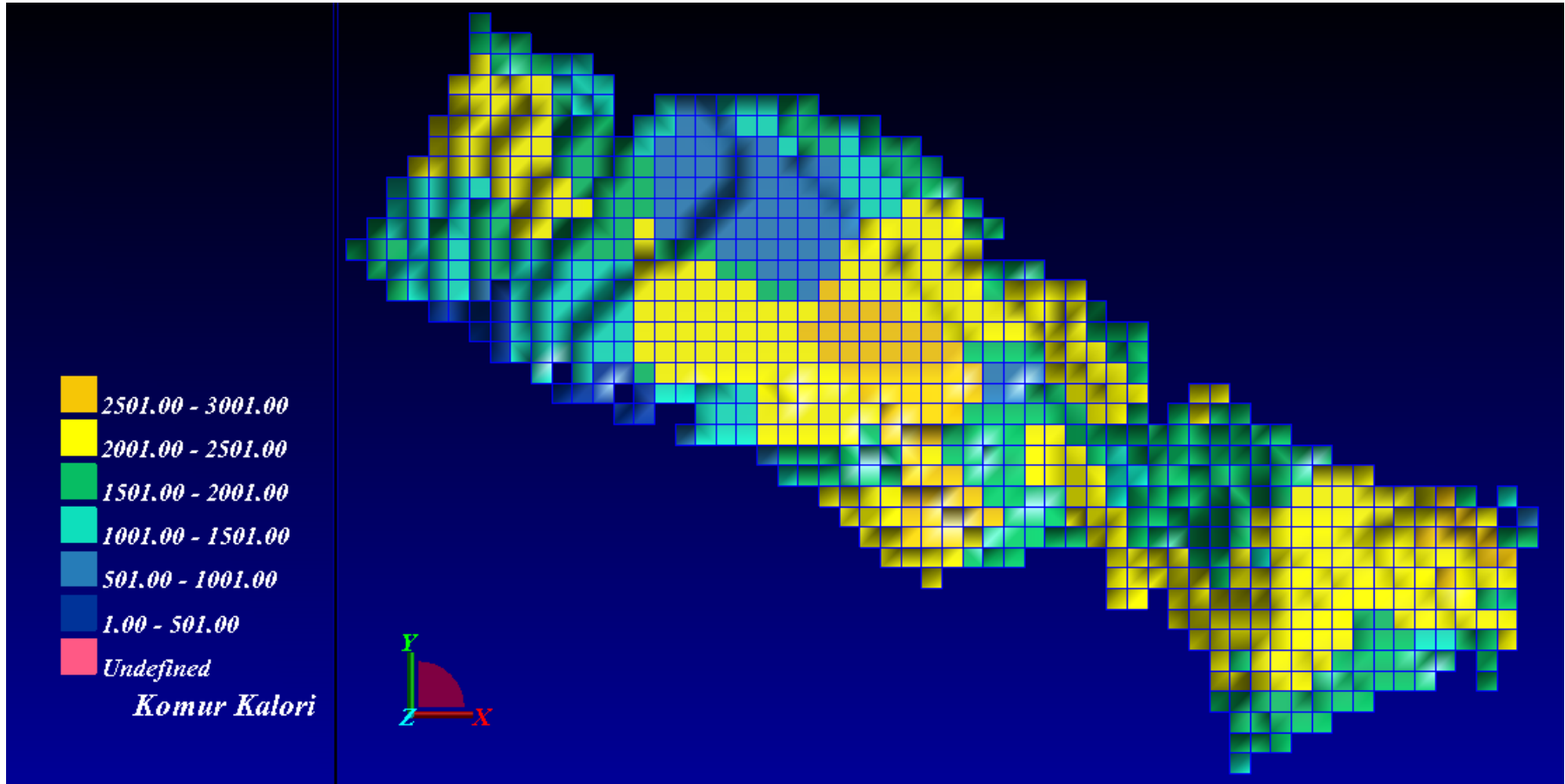
OBSV	RELA	CUML	UPPER	CELL	LIMIT	0	10	20	30	40	50
1	0.001	0.001	-3.0000	+							+
23	0.020	0.021	-2.0000	++							+
232	0.203	0.224	-1.0000	*****							+
353	0.309	0.532	0.0000	*****							+
309	0.270	0.802	1.0000	*****							+
123	0.108	0.910	2.0000	*****							+
75	0.066	0.976	3.0000	*****							+
28	0.024	1.000	INF	***							+
----				+	+	+	+	+	+	+	+
1144				0	10	20	30	40	50		

6.9.4 Kriging

Bu bölümde kömür damarı sınırları temel alınmış yatak 40mx40mx15m boyutlarında bloklara bölünerek blok model oluşturulmuştur. Bir önceki bölümde jeostatistik sonucu bulunan variogram analiz değerleri kullanılarak Ordinary Kriging yöntemiyle bloklara linyitin kalori değerleri atanmıştır (Şekil 6.21-22).



Şekil 6.21 Blok model kalori dağılımı.



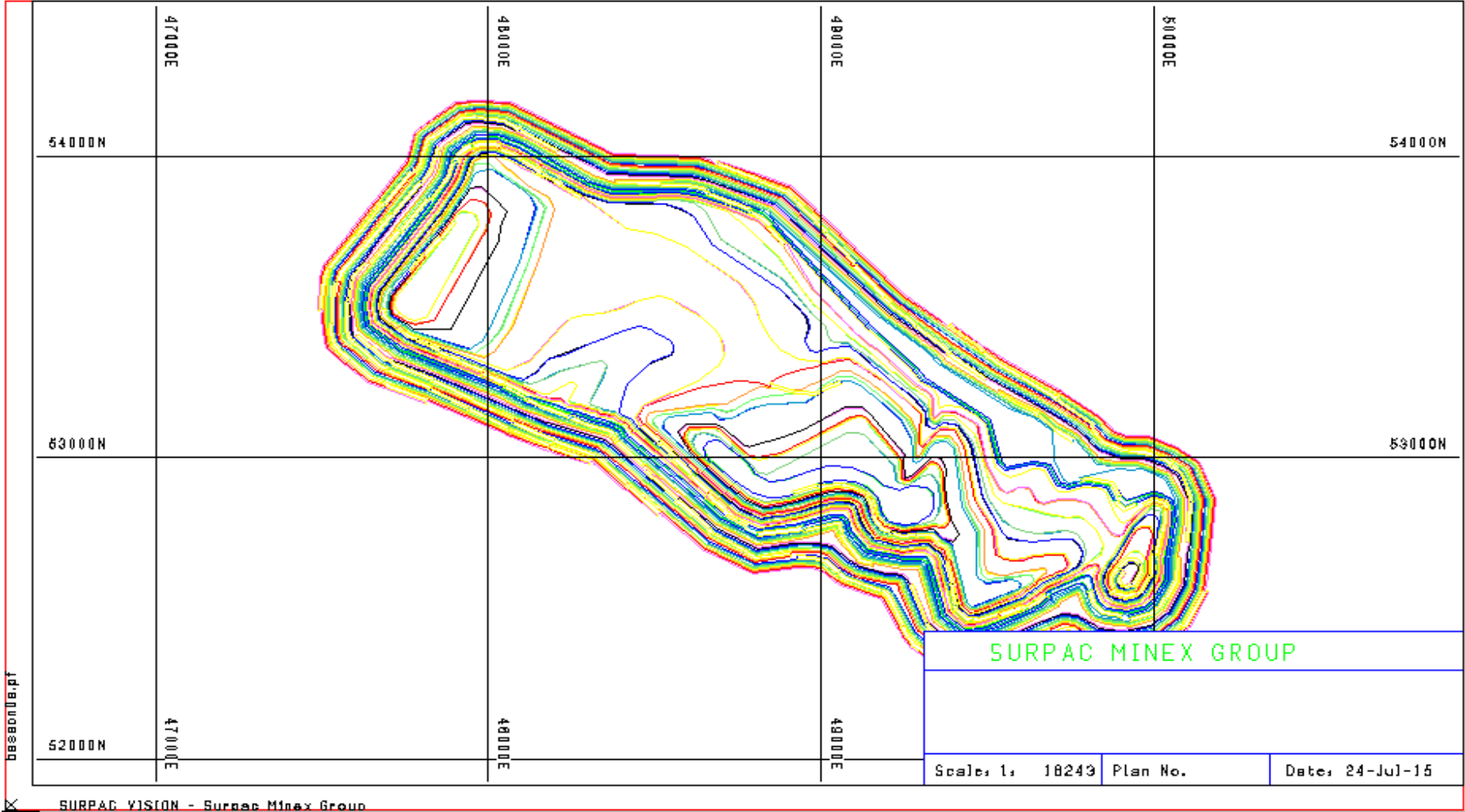
Şekil 6.22 Blok model kalori dağılımı.

Blok modelde saha bloklara bölünmüş ve her bloğa damarın özelliklerine bağı kalori değerleri atanmıştır. Bu sayede istediğimiz blok (yani blokların boyutuna bağı olarak ocakta istediğimiz herhangi bir yerin) özelliklerini görmek elimizde olduğı için, üretim daha selektif yapılmaktadır.

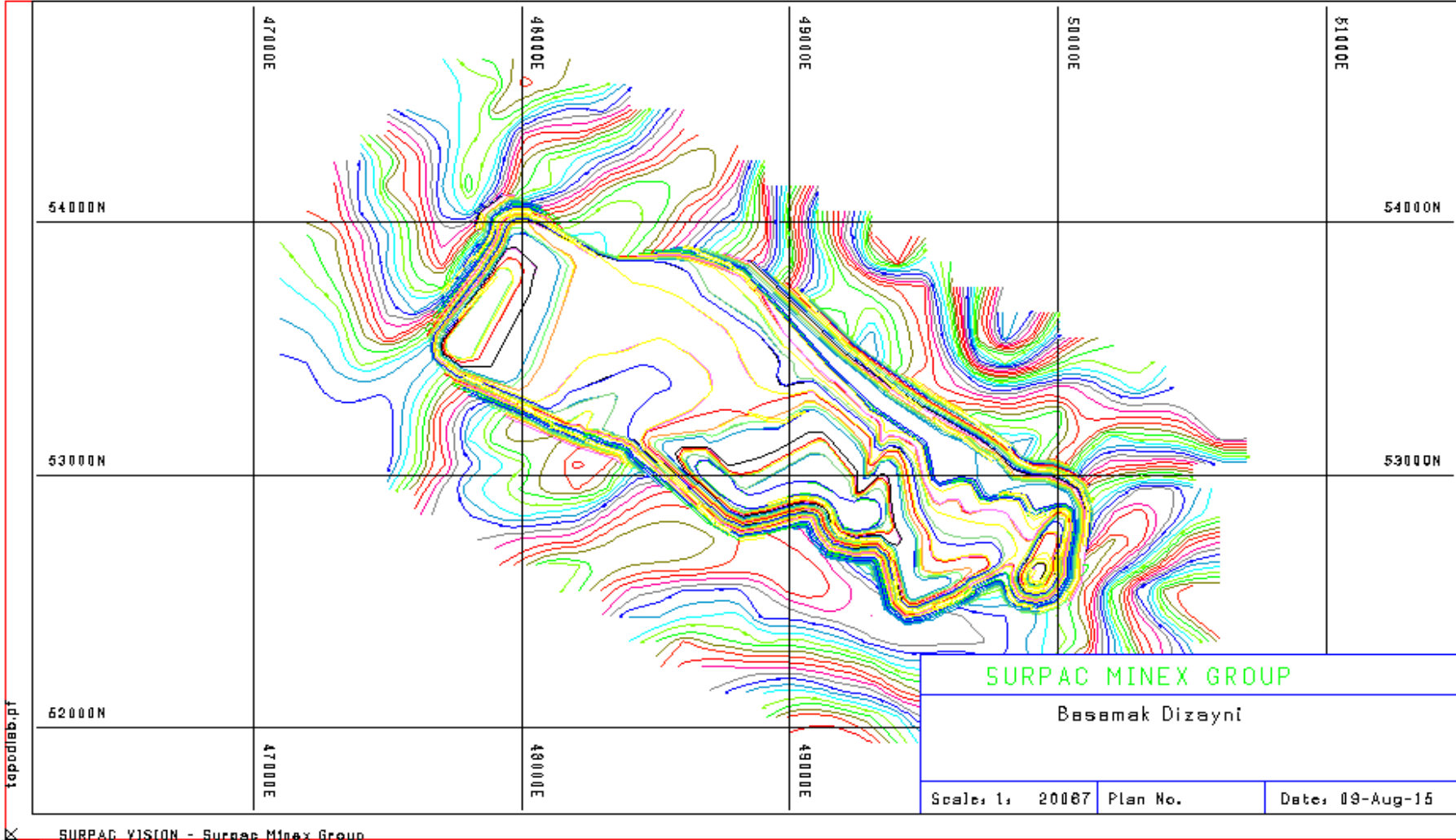
6.9.5 Açık İşletme Basamaklarının Planlanması

Damar altı dekapajı minimize etmek amacıyla 8m basamak yüksekliğı, 82 derece basamak şev açısı, 5m basamak düzlüğü ve 1:9 oranında rampa (yol) eğimi ve 10m rampa genişliğine göre, planlama yapılmıştır

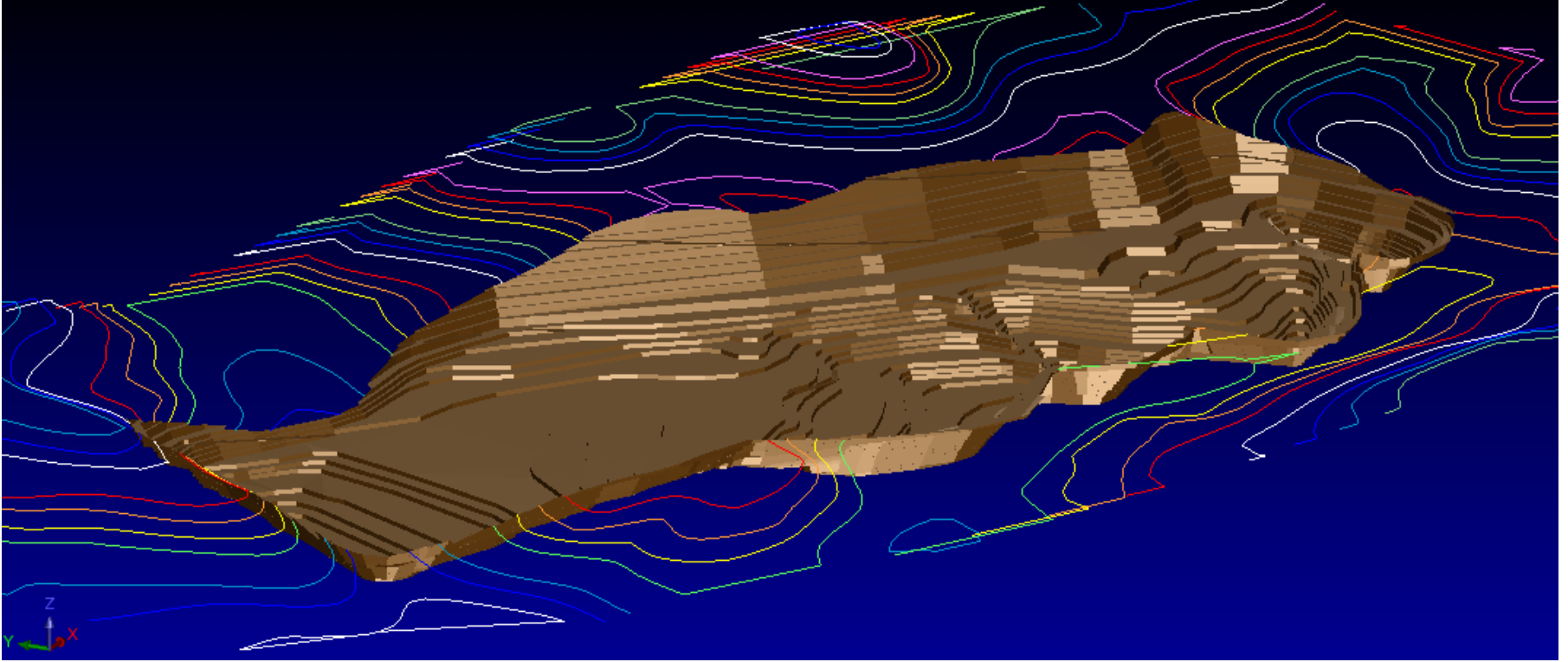
Damarın üstüne çıkıldığında topoğrafyaya kadar ekskavatörün boom (yükleme kolu) uzunluğu ölçüsünde 15m basamak yüksekliğı 75 derece basamak şev açısı, 5m basamak düzlüğü, 1:9 oranında rampa eğimi ve rampa genişliğı sabit bırakılarak 10m rampa eğimi parametreleri kullanılarak basamak dizaynı yapılmıştır (Şekil 6.23).



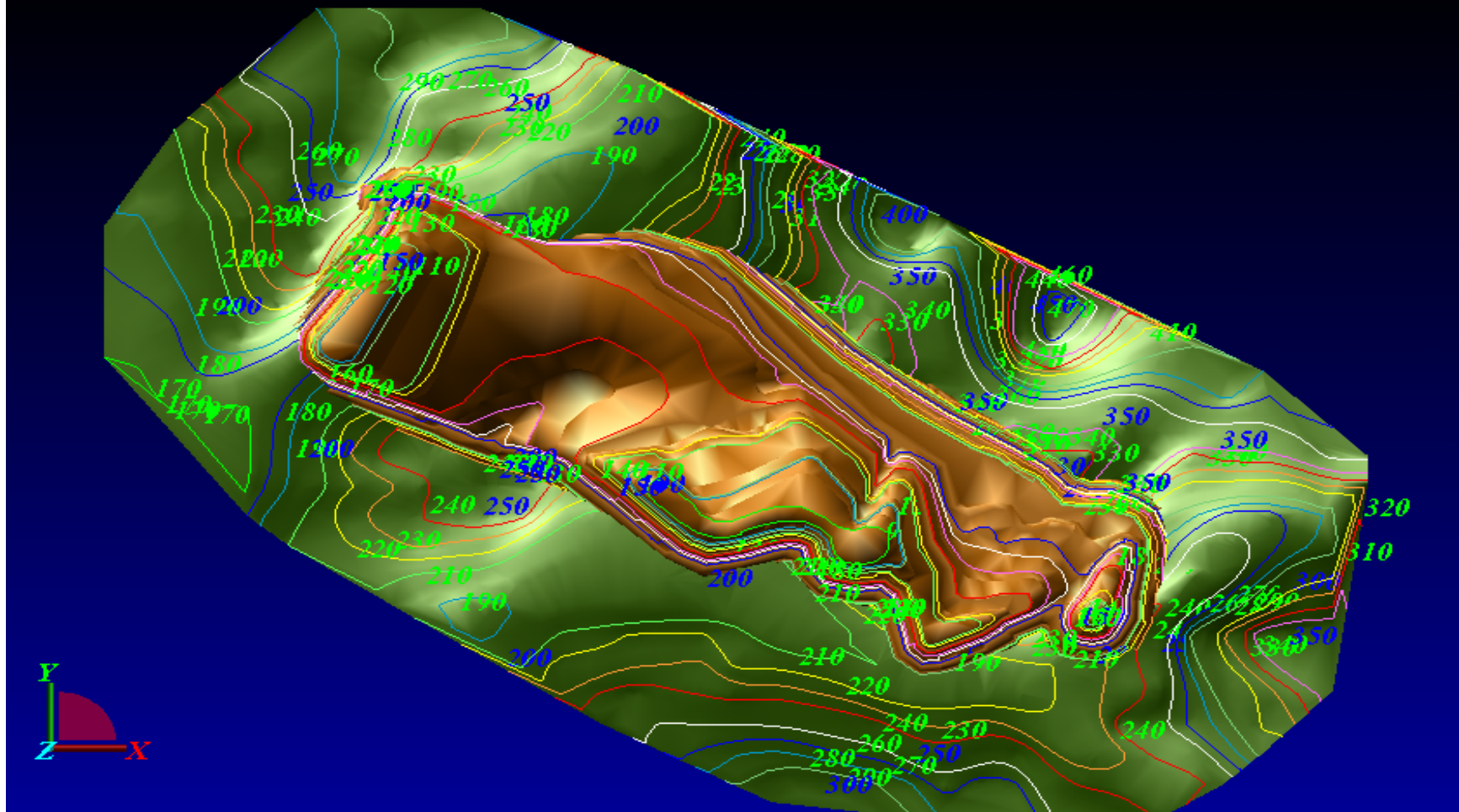
Şekil 6.23 Oluşturulan basamaklar.



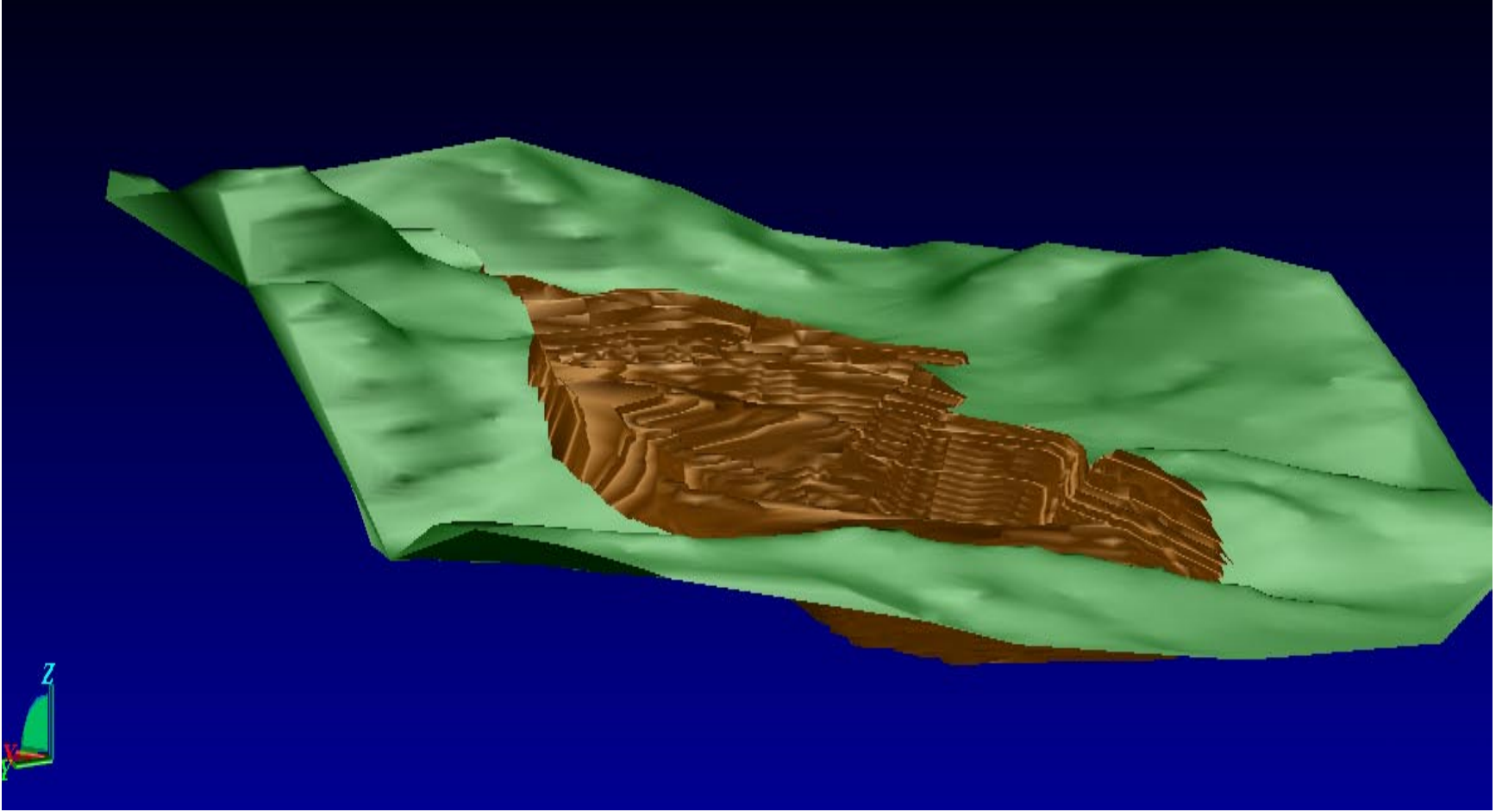
Şekil 6.24 Basamakların topoğrafya üzerinde görünüşü.



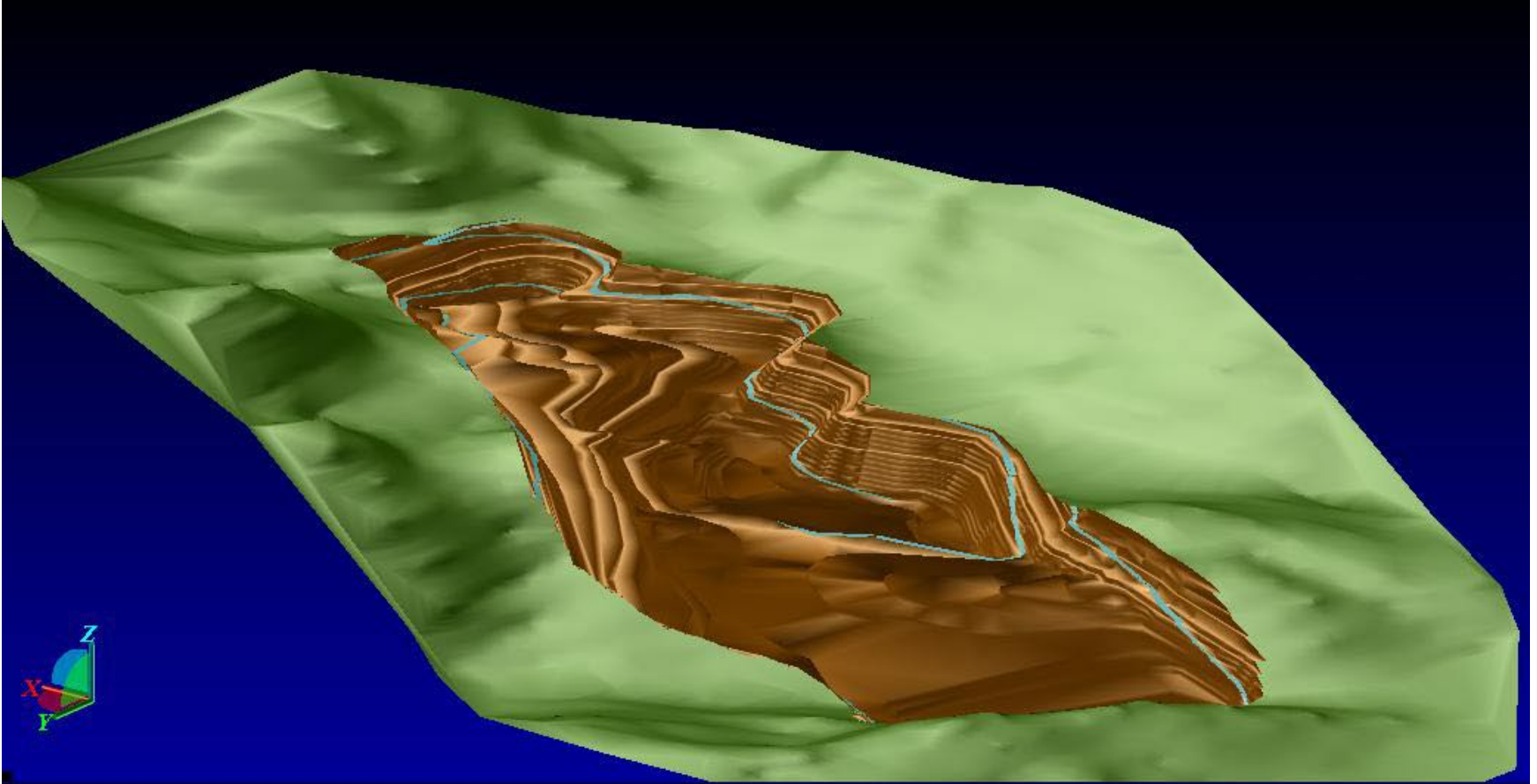
Şekil 6.25 Basamakların üç boyutlu görünüşü.



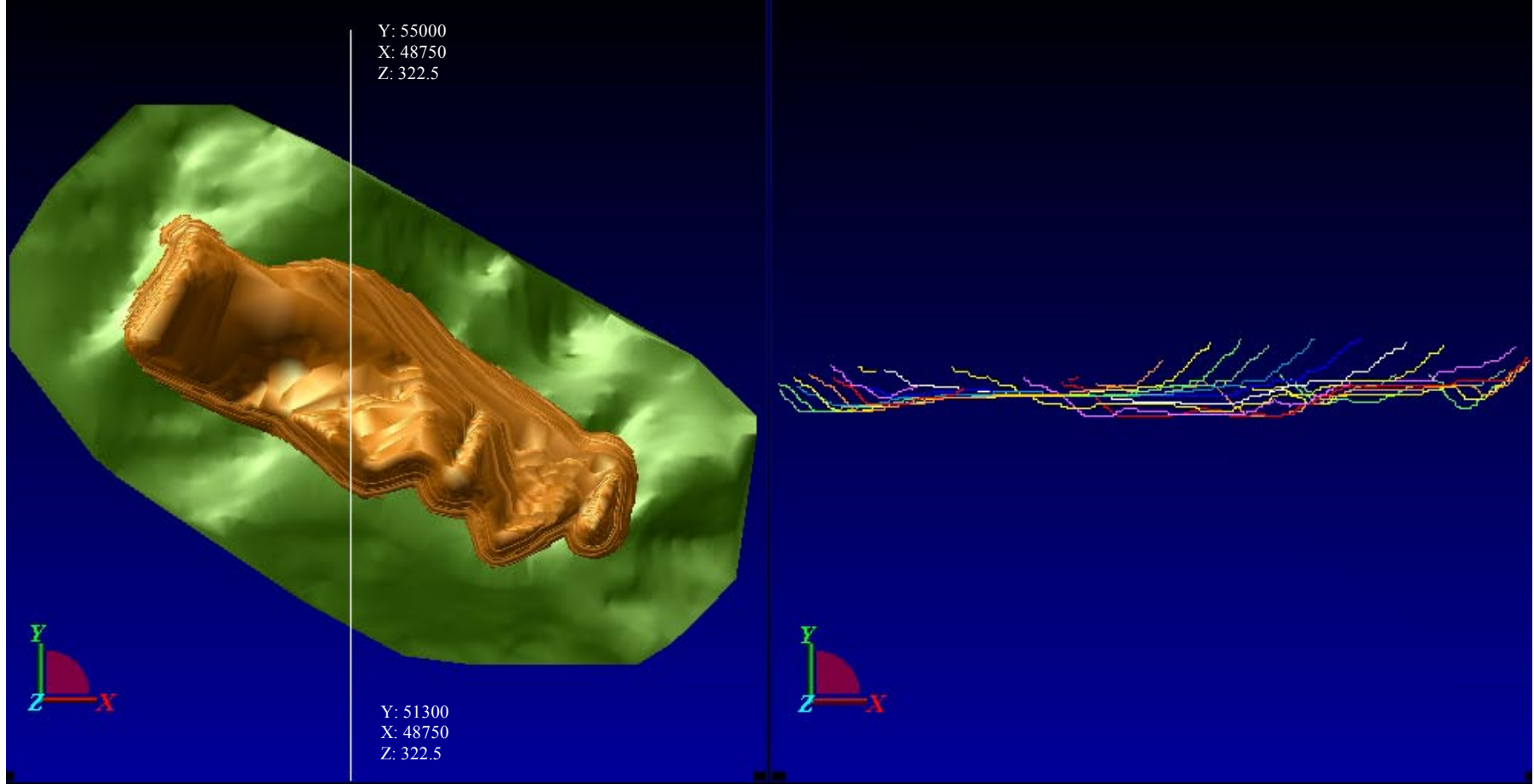
Şekil 6.26 Kontur çizgileri.



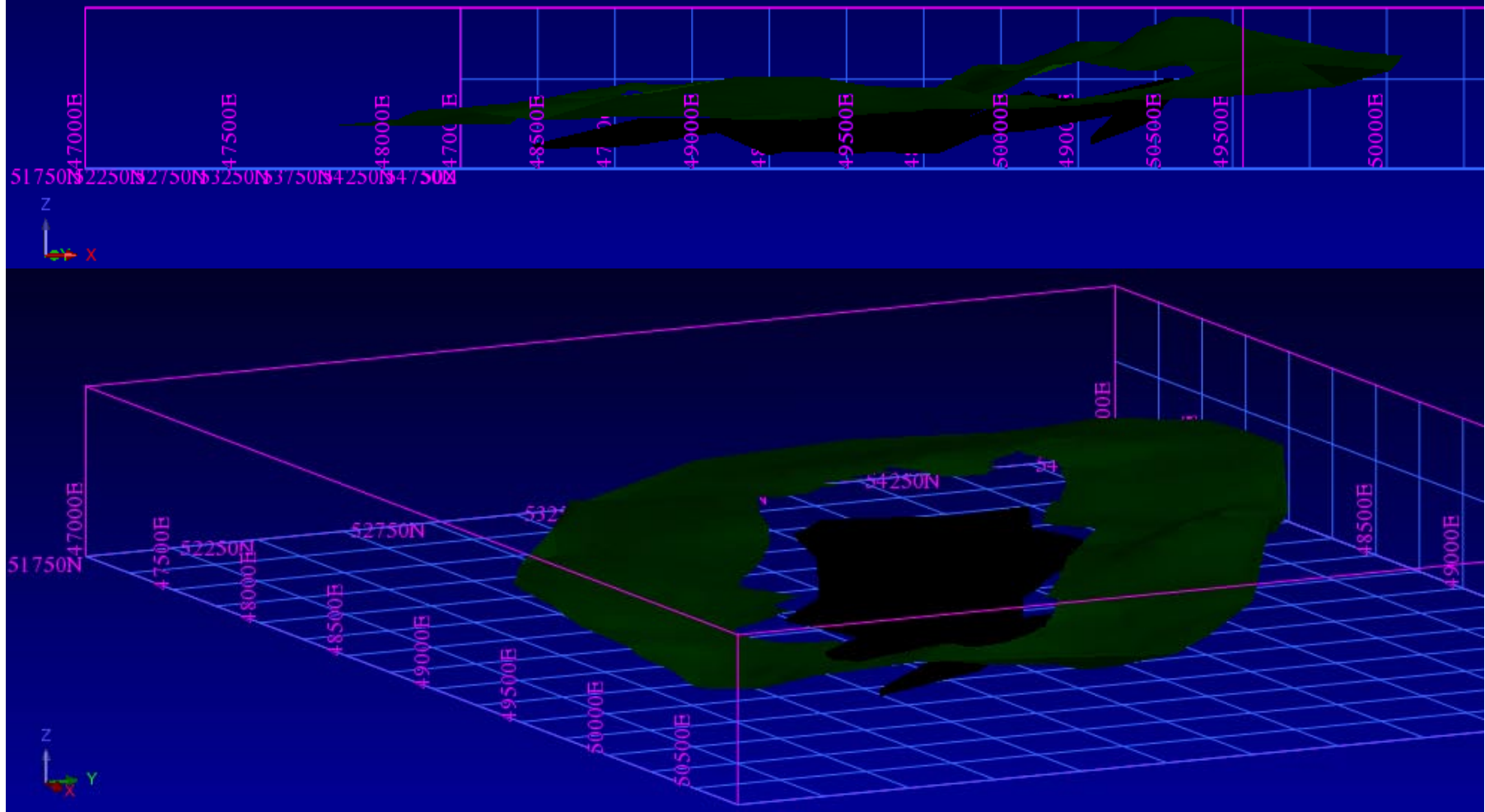
Şekil 6.27 Basamakların ve topoğrafyanın üç boyutlu görünüşü.



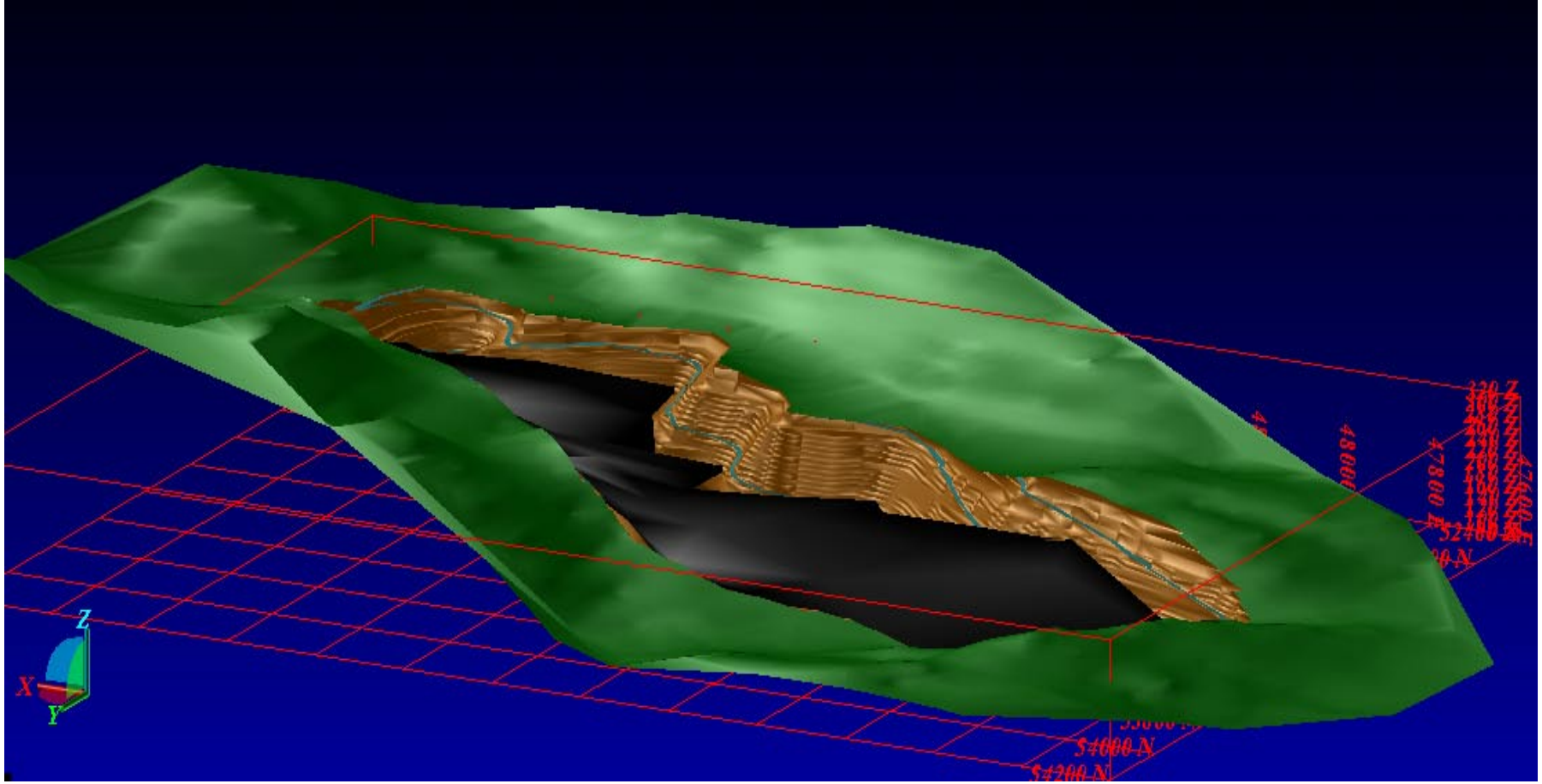
Şekil 6.28 Yol dizaynı üç boyutlu görünüşü.



Şekil 6.29 Y ekseni doğrultusunda 100m aralıklarla alınan kesit.



Şekil 6.30 Kömür damarı ve topoğrafya.



Şekil 6.31 Basamak içinde kömür damarı görünüşü.

6.9.6 DTM Yöntemiyle Hacim Hesabı

Oluşturulan topoğrafya ve basamak arasındaki toplam hacim basamağın en alt kotu 90m, en üst kotu 360m alınarak, 10m aralıklarla, DTM yöntemiyle hesaplanmış rapor halinde SURPAC çıktısı olarak verilmiştir. SURPAC hacim hesabı yaparken yoğunluk girişini zorunlu tutmaktadır, yöntemde hesaplanan hacme, alınacak kömür damarı ve yapılacak toplam dekapaj hacmi dahil olduğundan yoğunluk 1gr/cm^3 olarak kabul edilmiş, hesaplanan tonaj değeri bu şekilde elde edilmiştir. Daha sonra yapılan hesaplamalarda bu değer dikkate alınmamış hacim değeri kullanılmıştır.

Tablo 6.10 DTM yöntemiyle hacim hesabı

VOLUME BETWEEN DTM SURFACES

Upper surface: topo0.dtm

Lower surface: basd1.dtm

Boundary file: intersection2.str

Boundary string: 1

Number of segments: 1

Density: 1

Elevation range: 90,360,10

Segment Number 1 of 1

Density : 1.000

Surface to surface volume : 199497373.94

Nett Tonnage : 199497373.94

Boundary string horizontal area check : 2031508.31

Total surface area : 4845946.36

DTM Summary

	Upper Surface	Lower Surface
Purpose		
Dtm File	topo_dis0.dtm	bas_ic0.dtm
Field Used	Z	Z
Number OF Data Points	10772	8620
Number OF Triangles	9154	11355
Z Datum	160.00	160.00
Z Min	170.00	90.00
Z Max	475.00	359.00
Volume To Datum	215604904.37	16107530.43
Surface Area OF Dtm Triangles	2093991.63	2751954.73
Horizontal Area	2031508.01	2031508.01
Segment Number	1	1

Tablo 6.10 DTM yöntemiyle hacim hesabı (Devam)

Total Volumes By Elevation

From	To	Volume	Avg. Horizontal Area	Surface Area	Cumulative Volume
90.0	100.0	591075.03	59107.50	112496.05	591075.03
100.0	110.0	1303264.83	130326.48	92186.98	1894339.86
110.0	120.0	1900826.56	190082.66	64852.30	3794966.42
120.0	130.0	2691191.87	269119.19	166500.55	6486158.29
130.0	140.0	4560548.02	456054.80	211096.90	11046706.31
140.0	150.0	5360335.07	536033.51	121594.83	16407041.38
150.0	160.0	7906094.79	790609.48	401285.93	24313136.17
160.0	170.0	11010396.46	1101039.65	290954.60	35323534.63
170.0	180.0	12750779.04	1275077.90	311790.77	48074313.67
180.0	190.0	12811025.08	1281102.51	303260.96	60885338.75

From	To	Volume	Avg. Horizontal Area	Surface Area	Cumulative Volume
190.0	200.0	13917458.79	1391745.88	315309.05	74902797.54
200.0	210.0	14147572.60	1414757.26	292176.91	89060370.14
210.0	220.0	14523119.31	1452311.93	164103.38	103473489.45
220.0	230.0	13667331.24	1366733.12	179602.24	117140820.69
230.0	240.0	12739672.58	1273967.26	185607.81	129880493.27
240.0	250.0	11959328.23	1195932.82	163339.54	141839821.50
250.0	260.0	10703901.91	1070390.19	171055.35	152543623.41
260.0	270.0	9631679.34	963167.93	147229.88	162175302.75
270.0	280.0	8675960.09	867596.01	130825.51	170851262.84
280.0	290.0	7654768.96	765476.90	147461.90	178508051.80
290.0	300.0	6557148.99	655714.90	156243.18	185063200.79
300.0	310.0	5400994.12	540099.41	166831.65	190463894.91
310.0	320.0	4079399.63	407939.96	156135.48	194543294.54
320.0	330.0	2726783.87	272678.39	161334.39	197270078.41
330.0	340.0	1538503.89	153850.39	109777.74	198808562.30
340.0	350.0	658486.00	65848.60	96551.82	199467068.30
350.0	360.0	30305.38	3030.54	26038.48	199497373.68
Total		199,497,373.68			

Surpac Vision

Aug 16, 2015

DTM CUT AND FILL VOLUME REPORT

First DTM: basd1.dtm

Second DTM: topo0.dtm

Boundary file: intersection2.str

Boundary string: 1

Number of segments: 1

Density: 1.000

Elevation range: 90,360,10

Warning: The elevation range does not encompass the Z extents.

DTM Extents

	X Minimum	X Maximum	Y Minimum	Y Maximum	Z Minimum	Z Maximum
Basd1.dtm	47467.865	50188.181	52293.496	54167.056	90.000	359.000
Topo0.dtm	47103.909	50703.909	51941.877	54641.877	170.000	475.000

Volumes

Cut Vol	Cut Area	Fill Vol	Fill Area	Nett Vol	Nett Tonnage	Common Area
611.68	499.99	199497991.48	2031008.02	199497379.79	199497379.79	0.00

Tablo 6.10 DTM yöntemiyle hacim hesabı (Devam)

Total Volumes By Elevation

From	To	Cut Vol	Avg. Cut Area	Fill Vol	Avg. Fill Area	Nett Vol	Nett Tonnage	Common Area	Cum Cut Vol	Cum Fill Vol	Cum Nett Vol	Cum Nett Tonnage
90.0	100.0	0.00	0.00	591075.06	59107.51	591075.06	591075.06	0.00	0.00	591075.06	591075.06	591075.06
100.0	110.0	0.00	0.00	1303264.85	130326.49	1303264.85	1303264.85	0.00	0.00	1894339.91	1894339.91	1894339.91
110.0	120.0	0.00	0.00	1900626.59	190062.66	1900626.59	1900626.59	0.00	0.00	3794966.50	3794966.50	3794966.50
120.0	130.0	0.00	0.00	2691191.86	269119.19	2691191.86	2691191.86	0.00	0.00	6486158.36	6486158.36	6486158.36
130.0	140.0	0.00	0.00	4560547.99	456054.80	4560547.99	4560547.99	0.00	0.00	11046706.35	11046706.35	11046706.35
140.0	150.0	0.00	0.00	5360335.04	536033.50	5360335.04	5360335.04	0.00	0.00	16407041.39	16407041.39	16407041.39
150.0	160.0	0.00	0.00	7906094.77	790609.48	7906094.77	7906094.77	0.00	0.00	24313136.16	24313136.16	24313136.16
160.0	170.0	0.00	0.00	11010398.44	1101039.84	11010398.44	11010398.44	0.00	0.00	35323534.60	35323534.60	35323534.60
170.0	180.0	0.00	0.00	12750679.21	1275067.92	12750679.21	12750679.21	0.00	0.00	48074213.81	48074213.81	48074213.81
180.0	190.0	0.00	0.00	12810630.06	1281063.01	12810630.06	12810630.06	0.00	0.00	60884843.86	60884843.86	60884843.86
190.0	200.0	0.00	0.00	13916962.31	1391696.23	13916962.31	13916962.31	0.00	0.00	74801806.17	74801806.17	74801806.17
200.0	210.0	611.68	61.17	14146274.72	1414627.47	14145663.04	14145663.04	0.00	611.68	88948080.89	88947469.21	88947469.21
210.0	220.0	0.00	0.00	14521146.43	1452114.64	14521146.43	14521146.43	0.00	611.68	103469227.33	103468615.64	103468615.64

From	To	Cut Vol	Avg. Cut Area	Fill Vol	Avg. Fill Area	Nett Vol	Nett Tonnage	Common Area	Cum Cut Vol	Cum Fill Vol	Cum Nett Vol	Cum Nett Tonnage
220.0	230.0	0.00	0.00	13665817.77	1366581.78	13665817.77	13665817.77	0.00	611.68	117135045.10	117134433.41	117134433.41
230.0	240.0	0.00	0.00	12737262.91	1273726.29	12737262.91	12737262.91	0.00	611.68	129872308.01	129871696.33	129871696.33
240.0	250.0	0.00	0.00	11957923.98	1195792.40	11957923.98	11957923.98	0.00	611.68	141830231.99	141829620.30	141829620.30
250.0	260.0	0.00	0.00	10703515.60	1070351.56	10703515.60	10703515.60	0.00	611.68	152533747.58	152533135.90	152533135.90
260.0	270.0	0.00	0.00	9630960.68	963096.07	9630960.68	9630960.68	0.00	611.68	162164708.26	162164096.58	162164096.58
270.0	280.0	0.00	0.00	8675420.72	867542.07	8675420.72	8675420.72	0.00	611.68	170840128.98	170839517.30	170839517.30
280.0	290.0	0.00	0.00	7654487.43	765448.74	7654487.43	7654487.43	0.00	611.68	178494616.41	178494004.73	178494004.73
290.0	300.0	0.00	0.00	6557086.97	655708.70	6557086.97	6557086.97	0.00	611.68	185051703.38	185051091.70	185051091.70
300.0	310.0	0.00	0.00	5400903.02	540090.30	5400903.02	5400903.02	0.00	611.68	190452606.40	190451994.72	190451994.72
310.0	320.0	0.00	0.00	4079801.27	407980.13	4079801.27	4079801.27	0.00	611.68	194532407.68	194531795.99	194531795.99
320.0	330.0	0.00	0.00	2725086.75	272508.67	2725086.75	2725086.75	0.00	611.68	197257494.42	197256882.74	197256882.74
330.0	340.0	0.00	0.00	1536568.67	153656.87	1536568.67	1536568.67	0.00	611.68	198794063.09	198793451.41	198793451.41
340.0	350.0	0.00	0.00	657406.04	65740.60	657406.04	657406.04	0.00	611.68	199451489.13	199450857.45	199450857.45
350.0	360.0	0.00	0.00	30087.61	3008.76	30087.61	30087.61	0.00	611.68	199481556.75	199480945.06	199480945.06
Total		611.68		199,481,556.75		199,480,945.07	199,480,945.07					

Her iki şekilde de “Dijital yüzey modelinde dolgu ve kazı hacmi raporu (DTM CUT AND FILL VOLUME REPORT), Dijital yüzey modelleri arasında kalan hacim (VOLUME BETWEEN DTM SURFACES)” hacim hesabı yapılmıştır.

Hacim;

Dijital yüzey modelleri arasında kalan hacim (VOLUME BETWEEN DTM SURFACES)’ e göre; 199497373,68m³

Dijital yüzey modelinde dolgu ve kazı hacmi raporu (DTM CUT AND FILL VOLUME REPORT) ‘na göre: 199480945,07m³ olarak bulunmuştur.

Hesaplanan hacmin büyük olması nedeniyle, SURPAC’ın hesaplama yöntemi farkından kaynaklanan miktar farklılıkları olmaktadır. Hacim iki hesaplama şeklinin ortalaması olarak; 199489159,38m³ alınmıştır.

Burada hesaplanan hacim; topoğrafya yüzeyi (topo0.dtm) ve basamak yüzeyi (basd1.dtm) arasında kalan toplam hacimdir, bu hacme kömür damarının hacmi de dahildir. Hesaplanan toplam hacimden daha önceden hesaplanan kömür damarının hacmi (23839610m³) çıkarıldığında;

Alt kazı dahil dekapaj hacmi; 175649549,38m³ olarak bulunur.

6.9.7 Blok Model Yöntemiyle Kaloriye Göre Hacim Hesabı

Blok model yönteminde kaloriye göre (1-3000 kalori arası 500 kalori aralıklarla) ve Z kotuna göre (90-300m arası 10m aralıklarla) sınıflandırılmış hacim hesabı yapılmış SURPAC çıktısı olarak verilmiştir.

Hesaplanan hacim, DTM yöntemiyle hesaplanan hacimden farklılık göstermektedir bunun sebebi; oluşturulan blokların yüksekliğinin aynı olması, fakat damar kalınlığının bölgelere göre farklılık göstermesidir. Bu nedenle bloklar damarla tam örtüşmemektedir. Blok boyutlarını minimum ölçülere indirgeyerek

bunu yapmak mümkündür fakat krigingle bloklara kalori değeri atarken blok boyutlarının çok küçük olması nedeniyle hassasiyet artmakta ve hata olasılığı yükselmektedir. Hacmin çok büyük olması sebebiyle hacim arasındaki farklılık önemsenecek düzeydedir.

Tablo 6.11 Blok model yöntemiyle hacim hesabı

Block Model Report

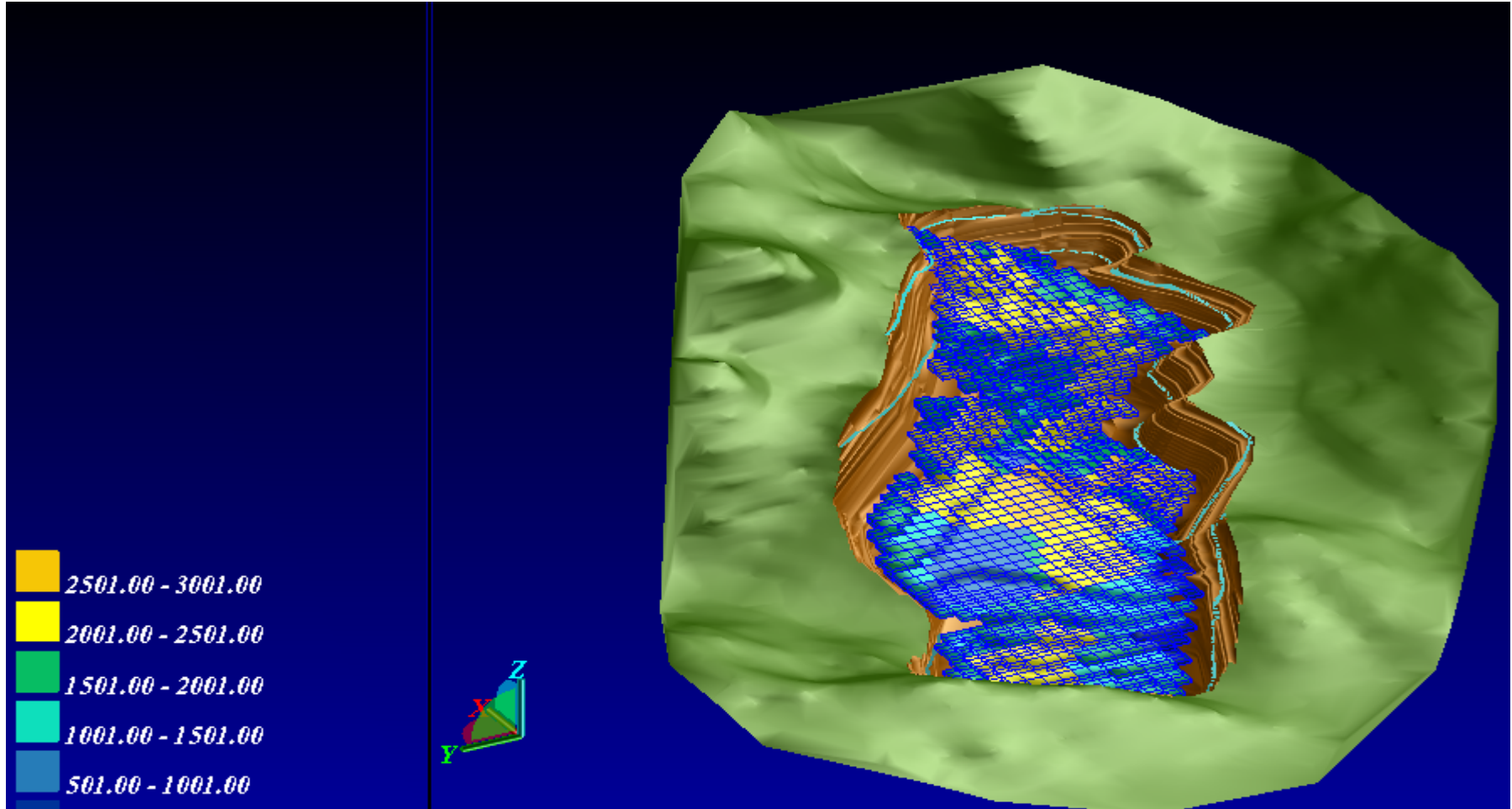
Constraints Used

Constraint File : blokraporkalori.con

Kalori	Z	Volume	Kalori
1.0-501.0	130.0-140.0	10688.00	52.08
	140.0-150.0	48032.00	51.42
	150.0-160.0	74656.00	50.30
	160.0-170.0	42624.00	48.81
	170.0-180.0	42752.00	378.04
	180.0-190.0	85248.00	378.04
Sub Total		304000.00	188.33
501.0-1001.0	140.0-150.0	16032.00	743.95
	150.0-160.0	229696.00	649.44
	160.0-170.0	827136.00	703.62
	170.0-180.0	1071552.00	756.58
	180.0-190.0	458336.00	723.41
	190.0-200.0	85248.00	816.29
	280.0-290.0	5344.00	980.82
	290.0-300.0	10656.00	980.82
Sub Total		2704000.00	728.79
1001.0-1501.0	100.0-110.0	10688.00	1301.18
	110.0-120.0	112160.00	1351.08
	120.0-130.0	288032.00	1349.74
	130.0-140.0	320000.00	1374.04
	140.0-150.0	250528.00	1450.90
	150.0-160.0	186816.00	1329.58
	160.0-170.0	464256.00	1289.00
	170.0-180.0	677248.00	1256.97
	180.0-190.0	495808.00	1219.79
	190.0-200.0	287968.00	1241.82
	200.0-210.0	175840.00	1316.40
	210.0-220.0	21344.00	1392.52
	220.0-230.0	21312.00	1396.27
	280.0-290.0	5344.00	1037.19
	290.0-300.0	10656.00	1037.19
Sub Total		3328000.00	1299.70
1501.0-2001.0	90.0-100.0	48096.00	1750.08
	100.0-110.0	160032.00	1761.80
	110.0-120.0	218720.00	1740.16
	120.0-130.0	234592.00	1708.37
	130.0-140.0	224128.00	1769.21

Tablo 6.11 Blok model yöntemiyle hacim hesabı (Devam)

Kalori	Z	Volume	Kalori
	140.0-150.0	528352.00	1732.04
	150.0-160.0	912064.00	1740.60
	160.0-170.0	1088224.00	1788.51
	170.0-180.0	1135648.00	1796.71
	180.0-190.0	741248.00	1797.60
	190.0-200.0	645312.00	1770.54
	200.0-210.0	490400.00	1785.74
	210.0-220.0	224000.00	1886.10
	220.0-230.0	240032.00	1887.64
	230.0-240.0	223904.00	1845.46
	240.0-250.0	101280.00	1763.28
	250.0-260.0	37312.00	1869.73
	260.0-270.0	21344.00	1775.41
	270.0-280.0	26656.00	1705.29
	280.0-290.0	10656.00	1922.19
Sub Total		7312000.00	1781.34
2001.0-2501.	90.0-100.0	10688.00	2284.68
	100.0-110.0	101472.00	2318.64
	110.0-120.0	223968.00	2283.77
	120.0-130.0	352320.00	2257.10
	130.0-140.0	698720.00	2285.92
	140.0-150.0	687872.00	2208.61
	150.0-160.0	447776.00	2083.29
	160.0-170.0	469824.00	2181.59
	170.0-180.0	1184448.00	2236.51
	180.0-190.0	1370144.00	2256.68
	190.0-200.0	687680.00	2345.81
	200.0-210.0	485568.00	2214.47
	210.0-220.0	661216.00	2182.67
	220.0-230.0	485216.00	2342.87
	230.0-240.0	330592.00	2248.87
	240.0-250.0	191872.00	2154.64
	250.0-260.0	47968.00	2185.30
	260.0-270.0	16000.00	2227.69
	270.0-280.0	10656.00	2315.85
Sub Total		8464000.00	2241.51
2501.0-3001.	100.0-110.0	10688.00	2571.40
	110.0-120.0	64064.00	2642.66
	120.0-130.0	117312.00	2672.32
	130.0-140.0	90656.00	2650.65
	140.0-150.0	69312.00	2607.18
	150.0-160.0	85408.00	2511.59
	160.0-170.0	277568.00	2516.55
	170.0-180.0	474592.00	2552.34
	180.0-190.0	266400.00	2636.55
	210.0-220.0	5344.00	2551.83
	220.0-230.0	16000.00	2553.67
	230.0-240.0	10656.00	2557.32
	240.0-250.0	32064.00	2543.82
	250.0-260.0	85312.00	2555.65
	260.0-270.0	53312.00	2594.37
	270.0-280.0	21312.00	2607.72
Sub Total		1680000.00	2579.30
Grand Total		23792000.00	1794.04



Şekil 6.32 Kömür damarının blok model olarak görünümü.

SURPAC MINEX GROUP

Örnek Sondaj Lokasyonu
Kalori, Kul, Nem
Litoloji

Scale: 1: 100.00 Plan No. Date: 09-Aug-15

Hole Id : M-15/99
X=49857.63 Y=52954.50 Z=314.07
Dip=-90.00 Azimuth=0.00
Örnek Sondaj Lokasyonu M-15/99

DEPTH	geology / litology	sample / kalori	litology	DEPTH2	kalori1	kul / nem	kalori / bar	kul / bar	nem / bar
0.00			Marn_KireoTasi	0.00			90.0 95.1	5.101 61.110	6.101 61.110
5.00				5.00					
10.00				10.00					

dhloga8.pf - Page 1 of 9

Şekil 6.33 Örnek sondaj lokasyonu.

DEPTH	geology / litology	sample / kalori	litology	DEPTH2	kalori	kul / nem	kalori / bar	kul / bar	nem / bar
15.00				15.00					
20.00				20.00					
25.00			Marn	25.00					

dhlogaa.pf - Page 2 of 9

Şekil 6.33 Örnek sondaj lokasyonu (Devam).

DEPTH	geology / litology	sample / kalori	litology	DEPTH2	kalori	kul / nem	kalori / bar	kul / bar	nem / bar
30.00				30.00					
35.00				35.00					
40.00				40.00					

dhlogss.pf - Page 3 of 9

Şekil 6.33 Örnek sondaj lokasyonu (Devam).

DEPTH	geology / litology	sample / kalori	litology	DEPTH2	kalori	kul / nem	kalori / bar	kul / bar	nem / bar
							500.0 3500.0	3.100 35.000	3.100 35.000
45.00	KireçTasi		KireçTasi	45.00					
50.00	Marn		Marn	50.00					
55.00				55.00					

dhlog00.pf - Page 4 of 9

Şekil 6.33 Örnek sondaj lokasyonu (Devam).

DEPTH	geology / litology	sample / kalori	litology	DEPTH2	kalori	kul / nem	kalori / bar	kul / bar	nem / bar
80.00				80.00					
65.00				65.00					
70.00				70.00					

dhlogaa.pf - Page 5 of 9

Şekil 6.33 Örnek sondaj lokasyonu (Devam).

DEPTH	geology / litology	sample / kalori	litology	DEPTH2	kalori	kul / nem	kalori / bar	kul / bar	nem / bar
75.00				75.00					
80.00				80.00					
85.00				85.00					

dhlogee.pf - Page 6 of 9

Şekil 6.33 Örnek sondaj lokasyonu (Devam).

DEPTH	geology / litology	sample / kalori	litology	DEPTH2	kalori	kul / nem	kalori / bar	kul / bar	nem / bar
							800.0 3000.0	5.000 50.000	5.000 50.000
90.00			Linyit	90.00	2769.00	17.11 31.49			
95.00			Linyit	95.00	2643.00	14.72 32.36			
100.00			Linyit	100.00	1803.00	32.51 28.50			
			Linyit		2101.00	26.16 29.08			

dhlogee.pf - Page 7 of 9

Şekil 6.33 Örnek sondaj lokasyonu (Devam).

DEPTH	geology / litology	sample / kalori	litology	DEPTH2	kalori	kul / nem	kalori / bar	kul / bar	nem / bar
105.00			Linyit	105.00	2533.00	20.29 32.71			
			Linyit		1491.00	41.35 23.92			
110.00			Linyit	110.00	1562.00	38.87 26.67			
			Kil_51st		0.00	45.55 19.73			
			Linyit		1568.00	39.27 26.07			
			Linyit		1384.00	43.24 24.35			
115.00				115.00					

dhlogss.pf - Page 8 of 9

Şekil 6.33 Örnek sondaj lokasyonu (Devam).

DEPTH	geology / litology	sample / kalori	litology	DEPTH2	kalori	kul / nem	kalori / bar	kul / bar	nem / bar
			Linyit-999		614.00	43.78 23.53			
			Linyit-499		54.00	58.18 17.79			
120.00			Linyit-499	120.00	31.00	57.97 15.98			
			Kil_Stst						
125.00				125.00					

Şekil 6.33 Örnek sondaj lokasyonu (Devam).

BÖLÜM YEDİ

SONUÇ VE ÖNERİLER

Madencilikte yatırım diğer sanayi dallarına kıyasla daha büyük ve riskli olduğundan üretime geçebilmek için yapılacak arama faaliyetleri ve buna bağlı olarak yapılan planlama ve hazırlıkların önemi büyüktür. Bu nedenlerle rezerv hesaplamalarının hassas bir şekilde yapılması ve selektif kazı yapılmasına imkân sağlanması gerekmektedir. Bu sayede hesaplamalara bağlı olarak yapılan duyarlılık analizleri ve risk enaza indirgenip projenin karlılığı maksimize edilmektedir.

Günümüzde bilgisayar teknolojisinin gelişimi ve bu gelişimin paket programlara entegre edilmesi sayesinde normalde yapılması gereken birçok hesaplamalar ve bunlara bağlı oluşturulan plan, kesit vb. çizimler üç boyutlu olarak daha hassas, hızlı ve görsel bir şekilde yapılmakta üçüncü boyut sayesinde çizimler kolay incelenmekte, hatalar yakalanmakta ve müdahale edilmesi hızlı olmaktadır. Ayrıca bunlarla ilgili veri parametrelerinin değişmesi halinde geriye dönerek düzeltmeler yapılabilmektedir.

Bu yazılımlar, “jeostatistik ve yüzey modelleme teknikleriyle maden yatağının miktar ve kalitesinin belirlenmesine, optimum açık işletme sınırının bulunarak açık işletmenin planlanmasına, yer altı işletmesi ve galeri açma, nakliyat, havalandırma gibi işletme adımlarının üç boyutlu olarak modellenmesine, ekipman iş gücü işletme maliyetinin hesaplanmasına, farklı kazı sistemleri modellenmesi kazı performansı tahminlerine, cevher hazırlama ve zenginleştirme işlemlerinin modellenmesine” olanak sağlamaktadır.

Bu çalışmada, günümüzde birçok işletmede kullanılan ve kendini madencilik sektöründe kanıtlamış SURPAC madencilik paket programı kullanılmış. Proje çalışması devam eden ve önümüzdeki yıllarda işletilmesi düşünülen MUĞLA Milas mevkiinde Yeniköy Linyitleri İşletmesine bağlı Işıkdere linyit yatağına uygulanmıştır. Yatağın rezervi Kesit, Jeostatistik, DTM ve Blok model yöntemleri

kullanılarak kalorifik değere bağı hesaplanmış. Linyit yatağıının kalorifik değere bağı oluşturulan blok modeli sayesinde, kazı sırasında daha selektif üretim yapılmasına imkan sağlanacağı bu sayede işletme maliyetinin minimize edileceğı düşünölmüş ve bölgeye yapılacak yatırımların planlanmasına katkıda bulunmak amaçlanmıştır.

Ayrıca bu tip çalışmalarda verilerin verimli şekilde kullanılması, planlama hassasiyetinin artması ve ileride çok büyük sorun olarak ortaya çıkabilecek hatalı hesaplamaların ortadan kalkması için, baştan çok büyük görünen sondaj maliyetinden kaçınılmaması sondajların önemini bilen mühendislerin denetiminde sistematik olarak açılması ve doğru değerlendirilmesi büyük önem arz etmektedir.

Madencilik sektörünün uzman yazılımların bu avantajlarından daha fazla yararlanabilmesi ve yazılımların geliştirilebilmesi için yazılım kullanımının yaygınlaştırılması ve kullanıcıların eğitilmesi konusuna önem verilmelidir.

KAYNAKLAR

Elevli, B., Demirhan S., Yüksek, S. (1995) Ulaş Sölestin Yatağının Jeostatistiksel Yöntemle 3-D Modelinin Çıkarılması. Madencilikte Bilgisayar Uygulamaları Sempozyumu, İzmir.

Ergin, H., Kırmanlı, C., Çelebi, S., Nasıf, E., Kesimal, A. (1995) Bakırlı Pirit Sahasının SURPAC ile Açık Ocak Planlamasının Yapılması ve Klasik Yöntemlerle Karşılaştırılması. Madencilikte Bilgisayar Uygulamaları Sempozyumu, İzmir

Eskikaya, Ş., Karpuz, C., Hindistan, M. A., Tamzok, N., (Ed.) (2005) *Maden Mühendisliği Açık Ocak İşletmecliği El Kitabı* Basım Yeri: TMMOB Maden Mühendisleri Odası.

Gündüz, L. (1995). Yapısal Programlama Dillerinin Madencilik Software Yazılım Teknolojisine Entegrasyonu. Madencilikte Bilgisayar Uygulamaları Sempozyumu, İzmir.

Intruduction SURPAC Vision Manuel Help File(2005).

Johnson, T.B. ve Sharp, R.W., 1971; “Three-Dimensional Dynamic Programming Method for Optimal Ultimate Pit Design” , US Bureau of Mines, RI 7553.

Hustrulid. W., Kuchta. M., (1995) Open Pit Mine Planing & Design: Volume 1- Fundamentals. (238-248) Rotterdam, A.A. Balkema.

Kahrıman, A., (1993) Maden İşletme Projeleri Hazırlama ve Değerlendirme (1993), C.Ü Yayınları, Sivas.

Karpuz, C., Akgün, E., Sondaj, Eskikaya, Ş., Karpuz, C., Hindistan, M. A., Tamzok, N., (Ed.) *Maden Mühendisliği Açık Ocak İşletmeciliği El Kitabı*. (1). (209-230).

Kömür Hakkında, Faaliyetler, (b.t). Mayıs 2007, www.tki.gov.tr

Köse, H., Yalçın, E., Onargan, T., Konak, G., Şimşir, F., Kızıl, S. (2001). *Açık İşletme Tekniği*, D.E.Ü. Müh. Fak. Yayınları, İzmir.

Köse, H., Kızıl M. S. (Ed.) (1995). *Madencilikte Bilgisayar Uygulamaları Sempozyumu*. İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü.

Nasuf, E., Madencilik Faaliyetlerinin Planlaması, Organizasyonu ve Denetimi İçin Bir Veri Tabanı Sistemi Analizi (1989).

Saltoğlu, S., (2005) Maden Yataklarındaki Aramalar ve Araştırmalar Ş., Karpuz, C., Hindistan, M. A., Tamzok, N., (Ed.) *Maden Mühendisliği Açık Ocak İşletmecliği El Kitabı*. (1). (89-112).

Saydam, S., Yalçın, E., Köse H. (1995) Jeostatistiksel Kömür Rezerv Tahminine Blok Boyutunun ve Kriging Yarıçapının Etkisi. Madencilikte Bilgisayar Uygulamaları Sempozyumu, İzmir.

Saydam, S., Comparison Of Ultimate Pit Limit Design Methods (2000), Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, İzmir

SURPAC Vision (1995) Mining Tool

SURPAC Minex Group Tutorials SURPAC v5.0 (2005). www.surpac.com

Tercan A. E., Saraç C. (1998). Maden Yataklarının Değerlendirilmesinde Jeostatistiksel Yöntemler

Tercan, A., E., Jeostatistiksel Rezerv Hesabı, Eskikaya, Ş., Karpuz, C., Hindistan, M. A., Tamzok, N., (Ed.) *Maden Mühendisliği Açık Ocak İşletmecliği El Kitabı*. (1) (2005).

Ünal. A., Yalçın E., (1994) Açık Ocak Nihai Sınırının Bilgisayar Destekli Tasarımı ve Batı Kef Krom Yatağına Uygulanması, Türkiye 11. Madencilik Teknik Kongresi

Ünal A., Turhan, H., (1993) Sayısal Arazi Modellemesinde Kullanılan Kestirim Tekniklerinin Karşılaştırılması, Türkiye 13. Madencilik Kongresi

Yıldız N., Günçer H., (1995) Bilgisayar İle Rezerv Hesaplamaları, Maden İşleri Genel Müdürlüğü, Madencilikte Bilgisayar Uygulamaları Sempozyumu, İzmir.