

Kalburçayın (Kangal, Sivas) Linyit Yatağının Jeolojisi ve Blok Kriging Yöntemi ile Değerlendirilmesi

Geology and Evaluation of Kalburçayın (Kangal, Sivas) Lignite Basin by Block Kriging

Özgül ŞEN Hac-ettepe Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Beytepe, 06532, Ankara
Cem SARAC Hacettepe Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Beytepe, 06532, Ankara

Öz

Bu çalışma, Kalburçayın'(Kangal, Sivas) linyit yatağının jeolojisini ve rezerv incelemesini içermektedir.. Pliyosen yaşlı depolanma ortamında gelişen Kalburçayın linyit yatağı her biri yaklaşık 10 metre kalınlıkta iki kömür damarından oluşmaktadır. Kalınlığı 3-5 metre arasında değişen ve bol. kil içeren tüfitkr bu iki damarın arasında, yer almaktadır.. Isıl değeri 1300-1500 kcal/kg arasında değişen linyitler, Kangal ilçesi, yakınında bulunan termik santralın iki adet ünitesinde kullanılmaktadır. İnceleme alanındaki görünür rezerv miktarını hesaplamak için variogram' fonksiyonu belirlenerek C.=6.0, C-12.Ö ve a=1100 m parametreleri ile küresel olarak, modellenmiştir. Belirlenen model yardımı, ile kalınlığa ait hata varyaoss hesaplanarak 2.33 olarak bulunmuştur. Jeoistatistiksel blok kriging yöntemi ile üst linyit damarı değerlendirilerek, elde edilen $56\ 496\ 410 \pm 2\ 340\ 244$ too rezerv miktarının kullanılması ve buna. göre ekonomik işletilebilİF lik çalışmalarının yapılması önerilmektedir,

Anahtar Kelimeler: Jeoistatistik, Kalburçayırı-Kangal, Kriging, Linyit» Maden Yatakları Değerlendirme

Abstract

This study includes the geology and reserve evaluation of Kalburçayın (Kangal, Sivas) lignite basin., Kalburçayın lignite basin., which formed in Pliocene aged depositional environment, is composed of 'two coal seams each having approximately 10 meters of thickness.. Clay bearing tuffits having thickness of 3-5 meters takes place between these two coal seams. Lignites that have calorific values of 1300-1500 kcal/kg are used in two units of a power plant; which placed near Kangal village.. In order to calculate the improved reserve amount of the study area, the variogram function was determined and it was spherically modelled with the parameters of Co= 6.0, C= 12..0 and a= 1100 m. With the help of this model, the error variance of thickness was calculated as 2.33.. By the use of geostatistical block kriging method; reserve amount of the upper lignite seam evaluated as $56\ 496\ 410 + 2\ 340\ 244$ tons and the result is suggested to use for feasibility calculations of lignite seam.*

Key Words: Geostatistics, Kalburçayırı-Kangal, Kriging, Lignite., 'Ore Deposit Evaluation

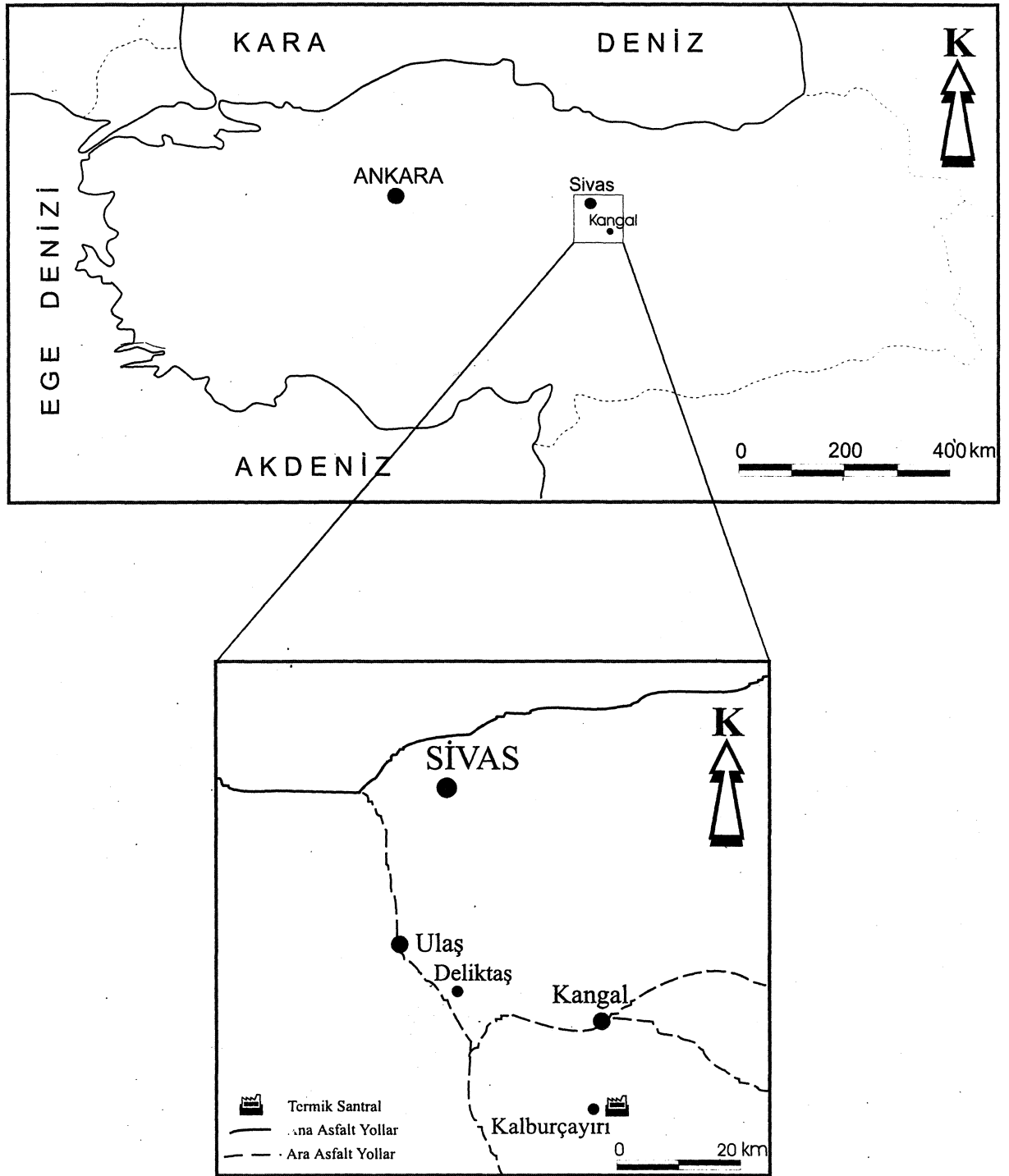
GİRİŞ

Bir cevherleşme sahasının ekonomik olarak işletilip işletilemeyeceğinin belirlenmesi herşeyden önce bu cevherleşmenin, rezervinin sağlıklı bir şekilde hesaplanmasına bağlıdır. Bu amaçla maden yataklarının detay jeolojik, etüdlerinin tamam (anmasından sonra» maden yatağının rezervi, tenör-tonaj ilişkileri ve işletilebilirlik sınırları belirlenir. Böylece cevherleşmenin ekonomikliği, işletmeye açılıp açılmayacağı ve hangi oranda yatırım yapılabileceği ton oları açıklığa kavuşturulur.

Rezerv hesaplarının başarılı ye doğru bir şekilde gerçekleştirilmesi yatakta yapılan sondaj, galeri ve yarma çalışmalarıyla elde edilen verilerin çok olmasına ve ayrıca rezerv-hesaplama yöntemine bağlıdır.. Günümüz-

de yaygın olarak kullanılan bir çok rezerv hesaplama yöntemi bulunmaktadır. Bunlar genel olarak geometrik, yöntemler ve jeoistatistiksel yöntemler olarak ikiye ayrılmaktadır., özellikle son yıllarda bilgisayar sistemlerindeki gelişmelere paralel olarak jeoistatistiksel yöntemler daha yaygın olarak kullanılmaya başlamıştır. Jeoistatistiksel. rezerv hesaplama yöntemleri, bir maden yatağının jeolojik özelliklerini dikkate alan ve aynı. zamanda rezerv hesabının güvenilirliğine ilişkin ölçü veren tekniklerdir.

Çalışma alanı, Sivas ili Kangal ilçesinin yaklaşık 25 km güneyinde Kalburçayın., Etyemez ve Hamal köyleri, civarında bulunmaktadır (Şekil. 1).. İnceleme -alanında bulunan ısıl değeri 1300-1500 kcal/kg arasında değişen



Şekil 1. Çalışma alanının yer buldum haritası
Figure 1. Location map of the study area

linyitler, Türkiye Elektrik Üretim İletim A.Ş. Genel Müdürlüğü (TEAŞ) 'nün Kangal ilçesi yakınına kurmuş olduğu termik santralin iki ünitesinde kullanılmaktadır. Bu

ünitelerin her birinin gücü 150 MW olup, toplam olarak 1 550 000 m² kapalı alana sahiptir. Bu iki üniteden başka ayrıca 157 MW gücünde üçüncü bir ünitenin kurulması

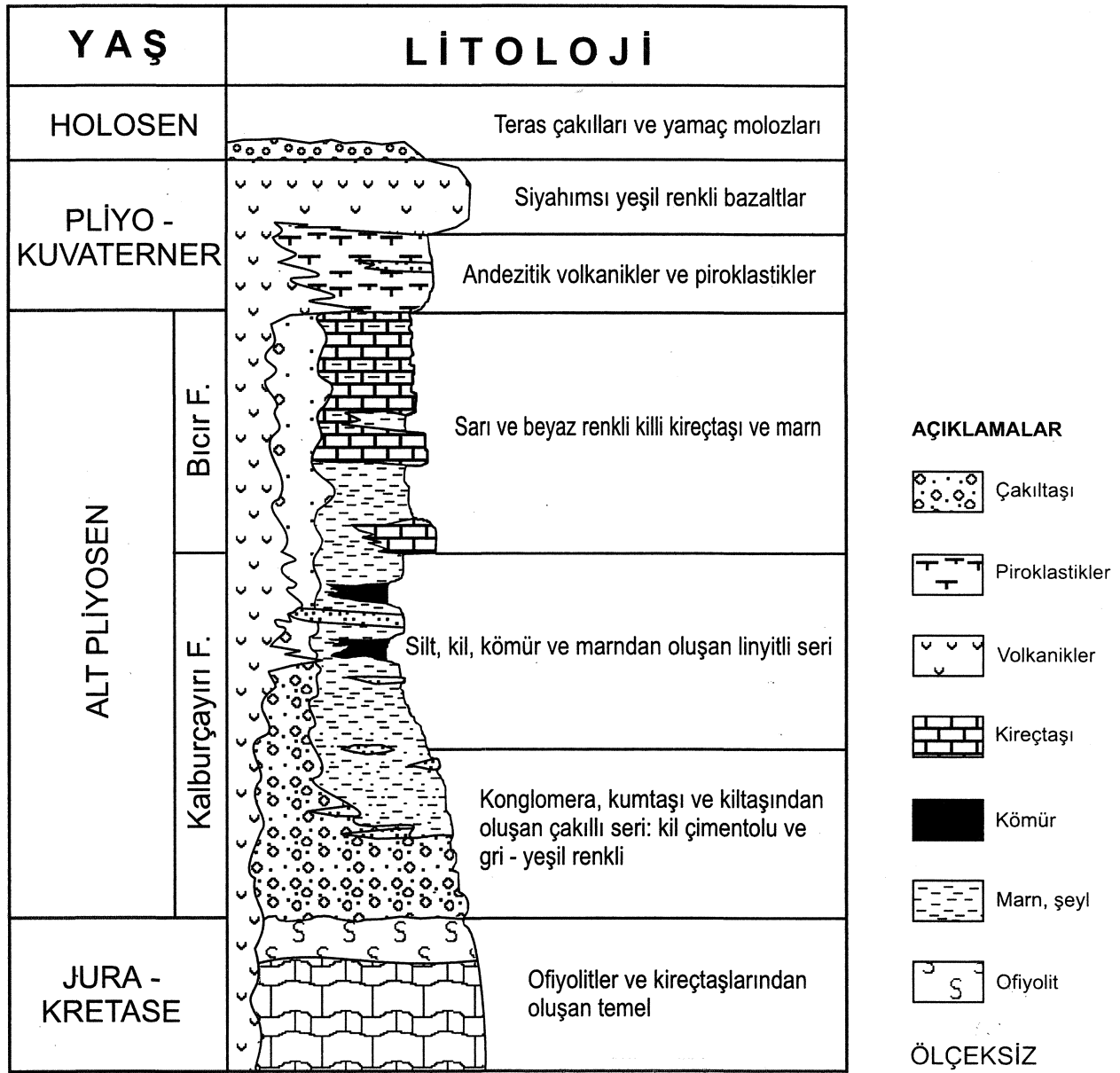
KALBURÇAYIRI LİNYİT YATAĞI

için fizibilite çalışmaları devam etmektedir. İncelenen linyit yatakları özel sektör tarafından işletilmekte ve TEAŞ'ne termik santralın üniteleri için gerekli linyiti temin etmektedir.

Bu araştırma kapsamında Kalburçayırı linyit yatağının jeolojisi verildikten sonra, jeostatistiksel blok kriging yöntemi kullanılarak rezerv miktarı ve hata varyansı saptanmıştır. Sonuç olarak inceleme alanında kurulması planlanan üçüncü termik santralın fizibilite çalışmaları için yararlı olabilecek jeolojik ve ekonomik veriler sağlanmaya çalışılmıştır.

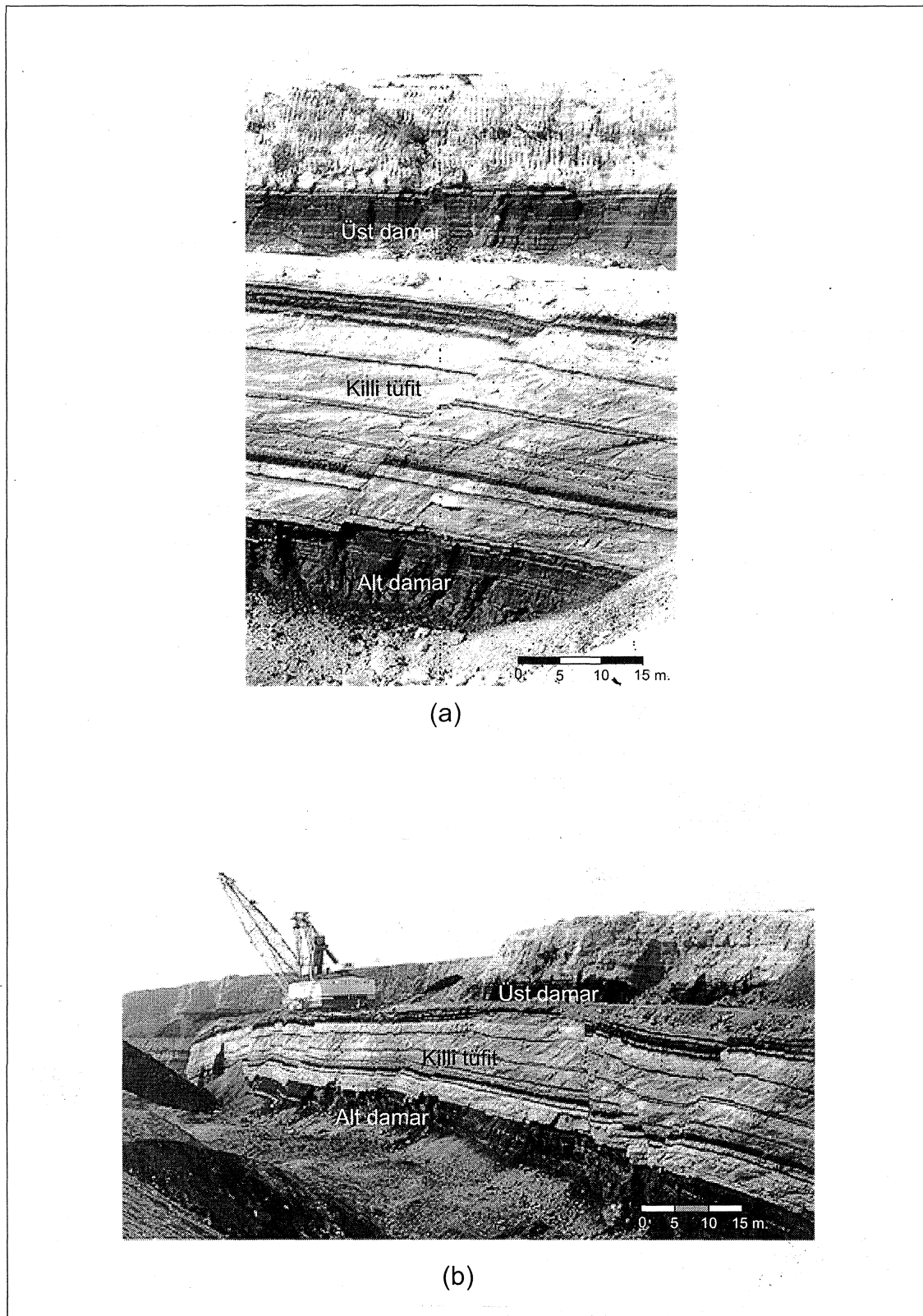
KALBURÇAYIRI LİNYİT YATAĞININ JEOLJİSİ

Kalburçayırı kömür havzası, Kangal-Uzunyayla molas havzasının güneyinde Pliyosen yaşlı limnik depolanma ortamında gelişmiştir (Narin ve Kavuşan, 1993). Çalışma alanının genelleştirilmiş stratigrafik kesidi Şekil 2'de verilmektedir. Havzada her biri yaklaşık 10 metre kalınlığa sahip iki linyit damarı bulunmakta ve çalışma kapsamında alt damar ve üst damar olarak tanımlanan bu damarların, genel görünüşleri Şekil 3'de sunulmaktadır. İki damarın arasında kalınlığı 3-5 metre arasında



Şekil 2. Çalışma alanının genelleştirilmiş stratigrafik kesidi (Narin ve Kavuşan, 1993'ten değiştirilerek alınmıştır)

Figure 2. Generalized stratigraphic section of the study area (modified from Narin and Kavuşan)



Şekil 3. İnceleme alanında kömür damarlarının görünümleri: a) Bakış yönü KD b) Bakış yönü KB

Figure 3. General view of the coal seams in the study area: a) View direction of NE b) View direction of NW

KALBURÇAYIRI LİNYİT YATAĞI

değişen ve bol miktarda kil içeren tüfitler yer almaktadır.

İnceleme alanında yer alan istif; Neojen öncesi kayaçlar, Neojen yaşlı kayaçlar ve Neojen sonrası volkanik kay açlar olmak üzere üç alt başlık altında toplanmıştır.

Neojen Öncesi Kayaçlar

Mesozoyik

Bazı seviyelerinde Thaumtoporella fosilleri içeren (Narin vd., 1986) Jura yaşlı kayaçlar, genel olarak çok açık gri ve açık sarı renkli kireçtaşlarından meydana gelmektedir. Kretase, çalışma bölgesi dışında Akkuş (1971) ve Kurtman (1973) tarafından Pınarbaşı ofiyolitleri ve Sümbüllü formasyonu olarak tanımlanmaktadır. Pınarbaşı ofiyolitleri, deniz tabanı yayılması ürünü olan peridotit, gabro ve dünitlerden oluşmaktadır. Genellikle yeşil renklerle tipiktirler. Sümbüllü formasyonu ise kirlili beyaz, açık sarı ve pembe renkli kireçtaşları şeklinde gözlenmektedir.

Eosen

Eosen yaşlı kayaç toplulukları Yağlıpınar ve Başören formasyonlarından oluşmaktadır. Tabanda konglomera, kumtaşı, çamurtaşı araldanması ile başlayıp bunun üzerinde kireçtaşları ile devam eden Yağlıpınar formasyonu, koyu kırmızı rengi ile karakteristiktir. Çalışma alanı dışında yüzeylenen Başören formasyonu, konglomera, kumtaşı, kilitaşı ve kireçtaşı araldanmasından oluşmaktadır. Narin ve Kavuşan (1993) tarafından içerdiği Nummulites atiricus, Discocyclina sp., Rotalia sp. ve Miliolidae sp. fosillerine dayanılarak formasyonun yaşı Lütisyan (Orta Eosen) olarak saptanmıştır. Kireçtaşları açık gri, gri-bej renklidirler.

Neojen Yaşlı Kayaçlar

Narin (1985) tarafından Kalburçayırı formasyonu ve Bicir formasyonu olarak ayrılan Neojen yaşlı kayaçlar, daha yaşlı kayaçlar üzerine uyumsuzlukla gelmektedirler. Bu iki formasyon aşağıda detaylı olarak açıklanmaktadır.

Kalburçayırı formasyonu: Uyumsuzlukla daha yaşlı formasyonların üzerinde bulunan Kalburçayırı formasyonu, inceleme alanında en iyi Kalburçayırı köyü civarında izlenmektedir. Narin ve Kavuşan (1993), bu formasyonu çakıllı seri ve linyitli seri olarak iki seriye ayrılarak incelenmiştir.

Buna göre çakıllı seri altta konglomera ile başlayıp, üstte doğru kumtaşı ve kilitaşı ile devam etmektedir. Düzenli bir derecelenmenin gözlenildiği seride konglomeralar 4-5 cm büyüklükten başlayıp, tane boyu üst kısımlara doğru 0.5-1 cm ye kadar küçülmektedir. Mesozoyik ve Eosen yaşlı kayaçlardan türemişlerdir. Genel olarak

bu seri kil çimentolu ve gri-yeşil renklidir.

Linyitli seri, çakıllı serinin üzerinde yer almakta ve kalınlığı 25-60 metre arasında değişmektedir. Seri, altta silt ve killerle başlayıp, üstte doğru kömür, kil ve marn litolojisiyle devam etmektedir. İncelemenin temelini oluşturan kömür damarları bu serinin içinde yer almaktadır. Alt damar ve üst damar olarak ayrılan kömür damarları arasında bol kil içeren tüfitler bulunmaktadır.

Narin ve Kavuşan (1993), linyit damarlarında yapmış oldukları palinolojik analizler sonucunda Tricolpopenites cingulum ve Compositea sp.'nin çok bol bulunmasına dayanarak, Kalburçayırı formasyonu'nun yaşını Alt Pliyosen olarak saptamışlardır.

Bicir formasyonu: Yatay ve yataya yakın tabakalanma gösteren marn ve kireçtaşlarından oluşmaktadır. Tipik olarak, inceleme alanında Bicir deresinde, Kalburçayırı formasyonunun üzerine uyumlu olarak görülmektedir.

Neojen Sonrası Volkanik Kayaçlar

Neojen sonrası volkanik kayaçlar genellikle tuf, lapilli ve tüfit litolojisinde gözlenmektedir. Yayılım alan oldukça sınırlı olan bu kayaçlar gri, koyu gri ve gri-bej renklidirler. Ayrıca inceleme alanında yer yer bazaltlara da rastlanılmıştır. Narin ve Kavuşan (1993), bölgedeki volkanizmanın ana evresini Pliyosen-Pleyistosen olarak belirlemiş ve ayrıca tuf ve lapillilerin, oligoklaz ve andezince zengin olmalarına dayanarak volkanizmanın ortaça karakterde olduğunu da belirtmişlerdir.

KALBURÇAYIRI LİNYİT YATAĞININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Yöntem

Maden yatakları değerlendirme yöntemleri genel olarak, geometrik ve jeostatistiksel yöntemler olarak iki alt gruba ayrılmaktadır. Geometrik yöntemlere; üçgen, poligon, kesit, karelaj, uzaklıkla ağırlık vb. gibi yöntemler, jeostatistiksel yöntemlere de kriging ve simülasyonun yer aldığı çeşitli teknikler örnek olarak verilebilir.

Geometrik yöntemler, incelenen değişkenler (tenor, kalınlık vb. gibi) arasında bir ilişki olmadığını varsayarlar. Dolayısı ile bu yöntemlerde bir önceki sonuç ile bir sonraki arasında hiçbir ilişki yoktur, yani değişkenler rastgele değerler almaktadırlar. Jeostatistiksel tekniklerde bütün örnekler birbiri ile ilişkilidir, örnekler birbirine yaklaştıkça, incelenen değerler de birbirine yaklaşacaktır; bu da değerler arasında uzaklığa bağlı bir ilişki olduğunu göstermektedir. Uzaklığa bağlı ilişki, geometrik yöntemler ve jeostatistiksel yöntemler arasındaki en önemli farkı oluşturur, bu ilişki jeostatistiksel hesaplamalarda kullanırken; geometrik yöntemlerde kullanılmaktadır (Saraç ve Tercan, 1996; Saraç, 1998)

İncelenen Kalburçayırı linyit yatağının x noktasındaki kalınlık değerini $z(x)$, bundan h kadar mesafedeki kalınlık değerini $z(x+h)$ ile gösterirsek, kalınlık değerleri arasındaki fark $f(h) = z(x) - z(x+h)$ olacaktır. Bu fark h uzaklığının bir fonksiyonu olup, $f(h)$ 'nin modellenmesi rezerv miktarının hesaplanmasında büyük bir önem taşımaktadır. Linyit yatağındaki $f(h)$ bilindiğinde örneklenmemiş bir lokasyondaki bilinmeyen değeri hesaplamak mümkündür. Poligon, üçgen ve kesit gibi geometrik rezerv hesaplama yöntemleri, ilgili kestirim alanı (poligon, üçgen veya kesit alanı) içinde kalınlık değerlerinin değişmediğini, dolayısı ile kalınlık değerleri arasındaki farkın, h uzaklığı ne olursa olsun sifıra eşit olduğunu varsayarlar. Ancak bu gerçekçi bir varsayım değildir ve kalınlık değerleri arasındaki farkın bunlar arasındaki uzaklık arttıkça artması, azaldıkça azalması beklenir (Tercan ve Saraç, 1998). Uzaklığın tersi ile ağırlıklandırma yöntemi, bu beklentiye dayanarak $f(h)$ 'nin h 'a eşit olduğunu ancak, $f(h) = h$ ilişkisinin hemen her türlü maden yatağına uygulanabileceğini kabul etmektedir. Gerçekte uzaklığa bağlı ilişki, aynı bir yatak içinde bile yönler göre değişiklik gösterebilir.

Jeoistatistikte, bölgesel değişkenin değerleri arasındaki farkın uzaklığa bağlı değişimleri variogram fonksiyonu ile belirtilir ve $2\gamma(h)$ simgesi ile gösterilerek, aşağıdaki gibi hesaplanabilir (Matheron, 1963):

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

Eşitlikte,

h : uzaklık,

$\gamma(h)$: sem i-variogram değeri,

$Z(x)$: x lokasyonundaki rastlantı değerini göstermektedir.

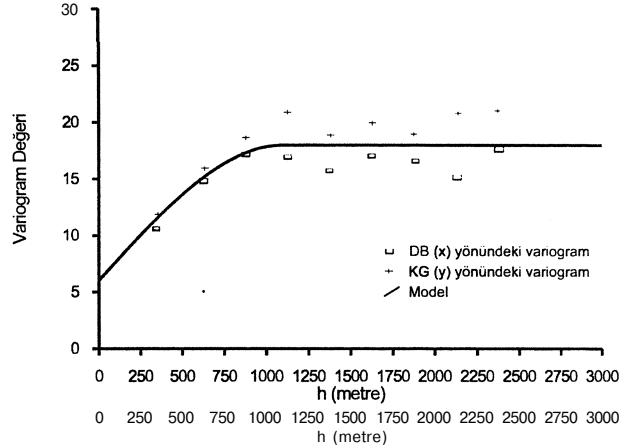
Variogram fonksiyonu, çevreleşmedeki incelenen bölgesel değişkenin ne gibi özellikler gösterdiğini belirlemekte kullanılır. Variogram fonksiyonu bilindiğinde incelenen değişkenin homojenlik ve izotropluk dereceleri, düzenliliği ve bir örneğin etki mesafesi sayısal olarak belirlenebilir.

Veri Analizi ve Variogram Modellemesi

Bölgede değişik senelerde rezerv ve kalite saptaması için MTA ve TKİ tarafından yapılmış olan 162 adet sondaj, bu çalışma kapsamındaki rezerv hesaplamalarının temelini oluşturmaktadır. Bu sondajlardan 121 adedi kömür kesmiştir. Bölgede daha öncede belirtildiği gibi alt ve üst olmak üzere iki adet kömür damarı bulunmaktadır ve bu çalışmada yalnız üst damar verileri ele alınmıştır.

İlk olarak sondaj verileri kullanılarak kalınlık değerlerinin yönsel variogramları hesaplanmış ve grafikleri çizilmiştir. Yönsel variogramlar $G=6$, $O=12$, $a=1100$ m.

parametreleri kullanılarak küresel (spherical) bir fonksiyon şeklinde, Şekil 4'de görüldüğü gibi modellenmiş ve modelin incelenen linyit yatağındaki geçerliliği Saraç ve Tercan (1992)'a göre saptanmıştır.



Şekil 4. Çalışma alanındaki kalınlık değerlerine ilişkin variogram ve model

Figure 4. Variogram and model of the thickness values in the study area

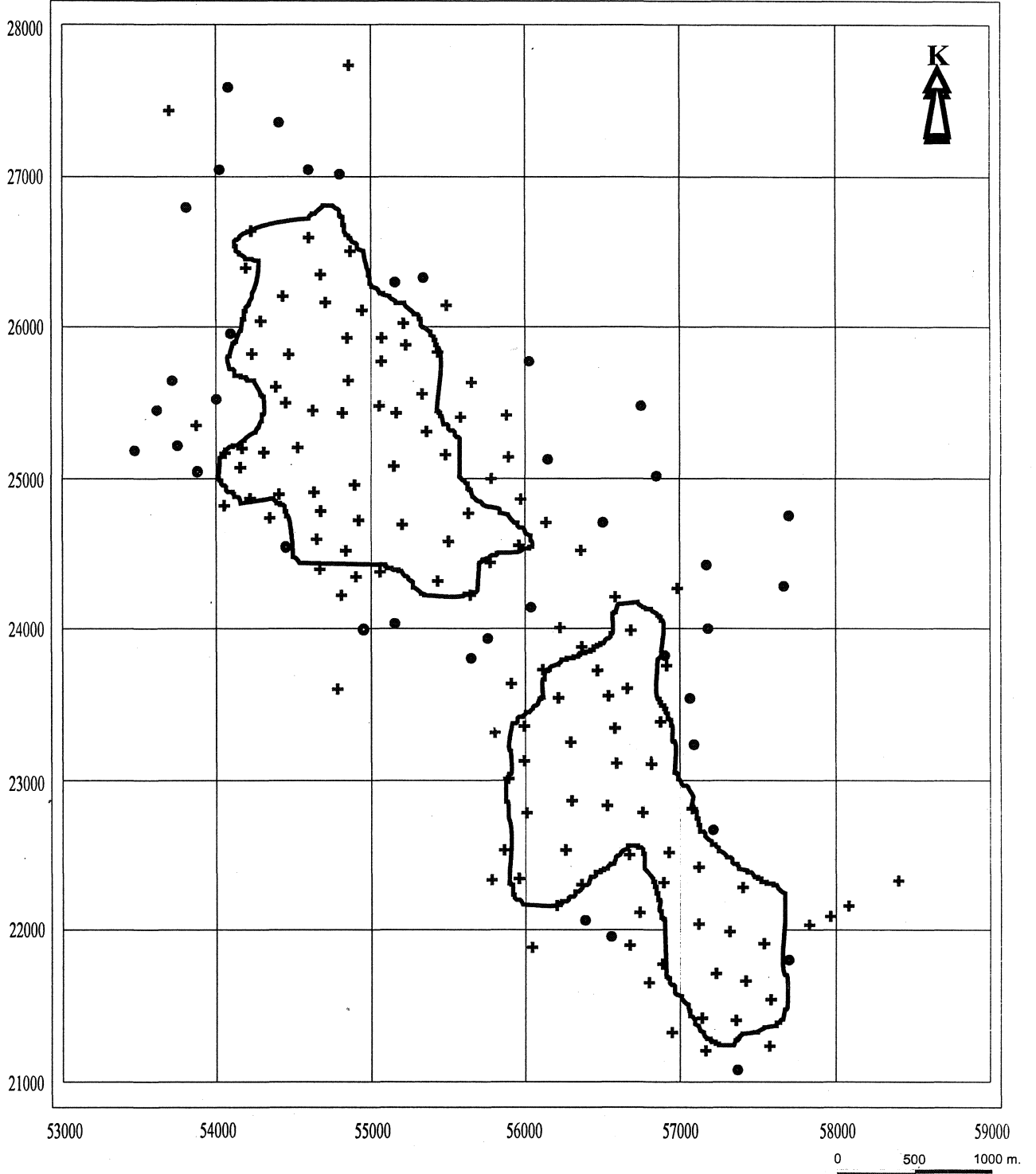
Tercan (1996), Kalburçayırı linyit yatağındaki çalışmada indikatör kriging yöntemi ile yatağın 0, 0.5 ve 1 olasılıksal kontur sınırlarını belirlemiştir. Buna göre 0 ve 0.5 konturlarının sınırladığı alan içinde kömür kesme olasılığı % 0-50, 0.5 ve 1 konturlarının sınırladığı alan içinde ise % 50-100 arasında değişmekte iken 1 konturunun sınırladığı alan içinde kömür kesme olasılığı % 100'dür. Yani 1 konturunun sınırladığı alan içerisindeki herhangi bir noktada yapılacak olan bir sondajda % 100 kömür kesilecekken, 0 konturunun dışında kalan bütün lokasyonlar ise kömürsüz bölgeye aittir. 0.5 konturu ise belirsizliğin en yüksek olduğu konturu göstermektedir. Bu çalışma kapsamında Kalburçayırı linyit yatağın görünür rezervi belirleneceği için yatağın sınırlarında, 1 olasılıksal konturu esas alınmıştır. Bu sınırın dışındaki rezerv miktarı hesaplanmamıştır. Şekil 5'de sondaj lokasyonları ve indikatör kriging yöntemi ile belirlenen 1 olasılıksal sınırı gösterilmektedir.

Rezerv Kestirim Tekniği ve Uygulaması

Maden yataklarında bilinmeyen değerlerin hesaplanması, örneklenmiş noktalardaki bilinen değerler yardımıyla yapılır ve bu işlem "kestirim" olarak adlandırılır (Tercan ve Saraç, 1998). Genel olarak kestirim işlemi, bilinen değerlerin ağırlıklı ortalaması alınarak yapılır. Matematiksel olarak bu işlem;

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

KALBURÇAYIRI LİNYİT YATAĞI



Şekil 5. Sondaj lokasyonları ve linyit yatağının indikatör kriging ile belirlenen 1 olasılıksal kontur sınırı (kömür kesmeyen sondajlar • simgesi ile, görünür rezerv çalışması yapılan alan taranmış olarak gösterilmiştir)

Figure 5. Drill-hole locations and probability boundary of 1 determined by indicator kriging of the lignite basin (•, drill-holes with no intersection of coal; shaded areas, improved reserve areas)

formunda ifade edilir (Journal ve Huijbregts, 1978). Yukarıda verilen eşitlikte:

$z^*(x_0)$: x_0 noktasında bilinmeyen ancak kestirilen değeri,

$z(x_i)$: x_0 noktasının kestiriminde kullanılacak verileri

λ_i : bu verilere atanacak ağırlıkları göstermektedir.

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.

Kriging sistemi matris formunda

$$\begin{pmatrix} \gamma_{11} & \gamma_{12} & \dots & \gamma_{1n} & 1 \\ \gamma_{21} & \gamma_{22} & \dots & \gamma_{2n} & 1 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \gamma_{n1} & \gamma_{n2} & \dots & \gamma_{nn} & 1 \\ 1 & 1 & \dots & 1 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \dots \\ \lambda_n \\ m \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \gamma_{01} \\ \gamma_{02} \\ \dots \\ \gamma_{0n} \\ 1 \end{pmatrix}$$

şeklinde ifade edilir (David, 1977). Burada y_{ij} ; x_i ve x_j noktaları arasındaki uzaklığa ilişkin variogram değerini, m ; Lagrange sabitini göstermektedir.

$z(x_0)$, kriging yöntemi ile kestirildiğinde yapılan hatanın varyansı kriging varyansı olarak adlandırılır ve bunun değeri σ_K^2

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

ile ifade edilir.

Kriging sistemi, bölgesel değişkenin noktasal örnekler üzerinde tanımlandığını varsaymaktadır. Ancak, maden yataklarının değerlendirilmesinde çoğu zaman örneklenmemiş bir noktanın kestiriminde yanıda, 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 (örneğin, karot örnekleri) noktasal örnekler üzerinde tanımlanır. Yani problem, noktasal veriler kullanarak blok değerlerinin kestirimi şekline dönüştürülür. Eğer variogram fonksiyonu biliniyorsa blok değerleri, kriging yöntemi kullanılarak kolayca kestirilebilir. Bunun için yukarıda verilen kriging sistemindeki eşitliğin sağ tarafında yer alan vektörün elemanlarını, $y(V, x_i)$ ortalama variogram değerleri ile değiştirmek yeterli olacaktır (David, 1988).

Kriging yönteminin diğer kestirim yöntemlerine göre en önemli üstünlüğü, ağırlıkların gelişigüzel kurallara göre belirlenmemesidir. Veriler sistemli ve objektif bir şekilde önceden analiz edilir ve bu analiz sonucunda variogram fonksiyonu belirlenerek, kullanılacak olan ağırlıklar hesaplanır. Kriging yönteminin diğer bir üstünlüğü de kriging varyansı ile kestirim hatasının büyüklüğünün değerlendirilebilmesidir. Kriging varyansı, verilerin gerçek değerlerine bağlı değildir, daha çok veri sayısına ve veriler arasındaki uzaklığa bağlı bir fonksiyondur.

İnceleme alanında blok kestirimi için kömür yatağı 200 x 200 m boyutlarında bloklara bölünerek, her bir bloğun ortalama kalınlığı blok kriging ile kestirilmiştir. Kriging ile kestirimde örnek sayısı en az 4, en çok da 16 olarak alınmıştır.

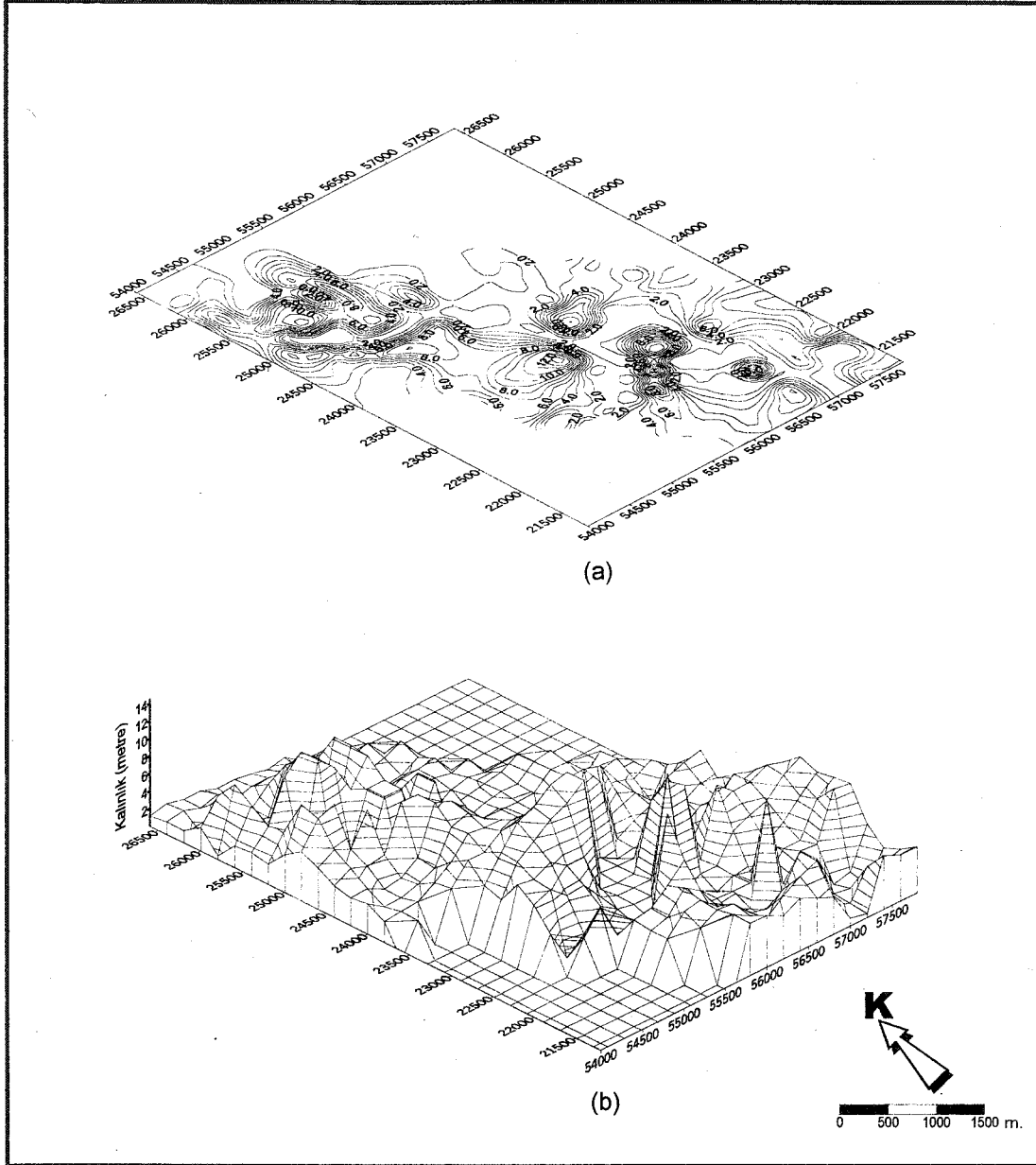
İndikatör kriging yöntemi ile belirlenen sınırlar içerisinde yer alan blokların alanları 200 x 200 m olarak sabit olmasına karşın, tam sınır üzerinde yer alan blokların alanları sondaj noktalarının yerleştirildiği koordinat sistemi üzerinde bilgisayarda belirlenmiş ve toplam alan 5 294 200 m² olarak bulunmuştur. Her bloğun ortalama kalınlık değeri ile blok alanı çarpılarak, toplam hacim miktarı 43 458 777 m³ olarak hesaplanmıştır. Yoğunluk değeri dikkate alınarak (Çizelge 1) toplam rezerv miktarı 56 496 410 ton olarak belirlenmiştir. Şekil 6'da kömür kalınlık değerlerinin inceleme alanındaki dağılımı sunulmaktadır. Ayrıca kalınlığa ilişkin hata varyansı 2.33 olarak saptanmıştır. Hata varyansının hesaplanmasında her bir bloğun alanı ve ortalama kalınlığı dikkate alınmıştır. Hesaplamalara ilişkin ayrıntılı bilgi Şen (1999)'de verilmektedir. Elde edilen sonuçlar Çizelge 1'de özet olarak sunulmaktadır.

Çizelge 1. Kalburçayı linyit yatağının değerlendirilmesinde özet bilgiler

Table 1. Summarized information of Kalburçayı in lignite basin evaluation

Blok Boyutları (m)	200x200
Blok Kestiriminde Örnek Sayısı	4 (en az), 16 (en fazla)
Yoğunluk (ton/m ³)	1.3
Toplam Alan (m ²)	5 294 200
Toplam Hacim (m ³)	43 458 777
Kalınlığa İlişkin Hata Varyansı	2.33
Güven Aralıklarının Kestirim Değeri Yüzdesi	4.14
Toplam Rezerv (ton)	56 496 410 ± 2 340 244

KALBURÇAYIRI LİNYİT YATAĞI



Şekil 6. Kömür kalınlık değerlerinin; a) eş-kalınlık haritası, b) blok diyagram dağılımı
Figure 6. Coal thickness values; a) thickness contour map, b) block diagram map

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada alt ve üst olmak üzere iki damardan oluşan Pliyosen yaşlı Kalburçayırı linyit yatağının yalnız üst damarı incelenmiştir. 1300-1500 kcal/kg arasında düşük ısı değere sahip linyitler, çalışma alanında bulunan termik santralin iki adet ünitesinde kullanılmaktadır. Üçüncü bir ünitenin kurulması için devam eden fizibilite çalışmalarına yönelik olarak ayrıntılı bir rezerv hesaplaması yapılmıştır. Uyumsuzlukla yaşlı formasyonların üzerinde bulunan Kalburçayırı formasyonu; çakıllı ve linyitli olmak üzere iki ayrı seri şeklinde incelenmiştir. Linyitli seri içerisinde yer alan kömür damarlarından yaklaşık 10 metre kalınlığa sahip olan üst damara ilişkin detay değerlendirme yapılmıştır. Görünür rezerv çalışması için daha önceden indikatör kriging tekniği ile sınırları belirlenen alanda variogram hesaplanmış ve küresel bir model kullanılarak model parametreleri $G=0.0$, $C=12.G$ ve $a=1100m$ olarak saptanmıştır. Blok kriging yöntemi uygulanarak rezerv miktarı 56 496 410 ton olarak hesaplanmıştır. Uyarlanan model yardımı ile kalınlığa ait hata varyansı 2.33 olarak bulunmuş, rezerv hesaplamalarındaki hata miktarının % 95 güvenirlilikte $\pm 2.340.244$ ton olduğu ortaya konulmuştur. Hesaplamalarda indikatör kriging ile belirlenen 1 olasılıksal sınırı içerisinde kalan kısım kullanıldığından, sonuçların görünür rezerv kavramında kabul edilmiş olan $\pm \% 20$ sınırları içerisinde kalması beklenmiş (Caner, 1983) ve % 95 güvenilirlik sınırları içerisinde güven aralıkları, kestirim değerinin yüzde 4.14'ü olarak bulunmuştur. Buradan da görüldüğü gibi güven aralıkları $\pm \% 20$ sınırları içerisinde yer almaktadır.

KATKI BELİRTME

Yazarlar bu çalışmaya sağladıkları katkılarından dolayı Türkiye Elektrik Üretim İletim A.Ş. (TEAŞ) Kangal İşletme Müdürlüğü, Demir Export A.Ş. Kangal İşletmesi, Doç.Dr. A.Erhan Tercan (Hacettepe Üniversitesi), Yrd.Doç.Dr. İ.Hakkı Demirel (Hacettepe Üniversitesi), Doç.Dr. Gültekin Kavuşan (Ankara Üniversitesi) ve Arş.Gör. Sermin Koçer (Hacettepe Üniversitesi) 'e teşekkürü bir borç bilirler. Bu çalışma Hacettepe Üniversitesi Araştırma Fonu tarafından 98.01.602.003 numaralı proje olarak desteklenmiştir.

EXTENDED SUMMARY

This study includes the geology and evaluation of Kalburçayırı (Kangal, Sivas) lignite basin by geostatistical block kriging method. The basin is located in the south of Kangal village (Sivas, Turkey). A detailed location map of the study area is shown in Figure 1. Kalburçayırı lignite basin, which formed in Pliocene aged depositional environment, is composed of two coal seams each having approximately 10 meters of thickness. The basin has developed in a limnic depositional environment (Narin and Kavuşan, 1993), and studied under three titles. These are Pre-Neogene aged rocks; Neogene aged rocks and

post-volcanic rocks. Pre-Neogene aged rocks are mainly composed of Mesozoic and Eocene limestones. Neogene aged rocks are consist of Kalburçayırı and Bicir formations. Lower and upper lignite seams are observed in Kalburçayırı formation. Clay bearing tuffits having thickness of 3-5 meters takes place between these two coal seams. Volcanic rocks are mainly formed by tuffits and andesitic rocks (Narin, 1985). A generalized stratigraphic section is given in Figure 2. The appearances of lower and upper lignite seams in the study area are shown in Figure 3. Lignites that have calorific values of 1300-1500 kcal/kg are used in two units of a power plant, which placed near Kangal village. Geostatistical theory is based on the observation that the variabilities of such quantities as grade and thickness have a particular spatial structure. The thickness $z(x)$ and $z(x+h)$ at point x and $x+h$ are correlated: this spatial correlation depends on the vector h , which separates the two points and decreases as the distance $|h|$ increases. Beyond a particular distance the two quantities are no longer correlated. Moreover, the spatial variability can differ from one direction to another (Matheron, 1963). In geostatistics the spatial variability of a regionalized variable is characterized by the variogram function (Journel, and Huijbreghts, 1978). The variogram function acts as a quantified summary of all the available information and is used in estimating an unknown value of the regionalized variable. The data used in the evaluation come from 162 drillholes, which were drilled by MTA and TKİ companies. In order to calculate the improved reserve amount of the study area, the variogram function was determined and it was spherically modelled with the parameters of $G= 6.0$. $C= 12.0$ and $a= 1100$ m. Figure 4 shows the variogram and model of the coal thickness. The parameters of the model were validated by use of the back-estimation technique (Saraç and Tercan, 1992). The drillhole locations and boundary of the lignite basin which was determined by indicator kriging (Tercan, 1996) are given in Figure 5. The model was then used to estimate the average thickness values of 200 m x 200 m blocks by kriging. Figure 6 shows distribution and block diagram of thickness values in the study area. By the use of geostatistical block kriging method, reserve amount of upper lignite seam evaluated as 56 496 410 + 2 340 244 tons and the result is suggested to use for feasibility calculations of lignite basin.

DEĞİNİLEN BELGELER

- Akkuş, M.F., 1971, Darende-Balaban havzasının jeoloji ve statigrafik incelenmesi. MTA Dergisi. No. 76. 1-58.
- Caner, G., 1983, Mineral (maden) kaynak ve rezervlerinin sınıflandırılması. MTA Enstitüsü yayınları. No. 188. Ankara.
- David, M., 1977, Geostatistical Ore Reserve Estimation. Elsevier, New York.
- David, M., 1988, Handbook of Applied Advanced Geostatistical Ore Reserve Estimation. Elsevier, Amsterdam.
- Journel, A.G. ve Huijbreghts, Ch., 1978, Mining Geostatistics. Academic Press, New York.
- Kurtman, F., 1973, Sivas-Hafik-Zara ve İmranlı bölgesinin jeolojik ve tektonik yapısı. MTA Dergisi. No. 80, 1-32.

KALBURÇAYIRI LİNYİT YATAĞI

- Matheron, G., 1963, Principles of geostatistics. Economic Geology, No. 58, 1246-1266.
- Narin, R., 1985, Sivas-Kangal-Kalburçaym linyit yatağının jeolojisi ve fizibilitesinin araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Ankara, (yayımlanmamış)
- Narin, R., Sun, E., Sun, A., Taşçı, E. ve Aydın, H., 1986, Sivas Kangal linyit havzasında 1985 yılında yapılan sondaj çalışmalarına ait rapor. MTA Genel Müdürlüğü, Ankara, (yayımlanmamış)
- Narin, R. ve Kavuşan, G., 1993, Sivas-Kangal-Kalburçayırı linyit yatağının jeolojisi. Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, Seri-A Yerbilimleri, No. 10-1,43-47.
- Saraç, C., 1998, Geology and ore reserve estimation at Sivrihisar sepiolite mine (Eskişehir, Turkey). Transactions of the Institution of Mining & Metallurgy, Section A-Mining Industry, 6-12.
- Saraç, C. ve Tercan, E., 1992, A Geostatistical Case Study of the Kızılyüksek-Yatardıç Chromium Orebody. Geosound-Yerbilimleri, No. 20, 212-229.
- Saraç, C. ve Tercan, A.E., 1996, Grade and reserve estimation of Tulovasi borate deposit by block kriging. International Geology Review, No. 9, 832-837.
- Şen, Ö., 1999, Kalburçayırı (Sivas) kömür yatağı rezervinin geometrik/jeostatistiksel yöntemlerle değerlendirilmesi. Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Yük. Müh. Tezi. (yayımlanmamış)
- Tercan, A.E., 1996, Maden yatakları sınır belirsizliğinin indikatör kriging ile değerlendirilmesi ve Sivas-Kangal-Kalburçayırı kömür yatağında bir uygulama. Madencilik Dergisi, No. 35-4, 3-11.
- Tercan, A.E. ve Saraç, C., 1998, Maden yataklarının değerlendirilmesinde jeostatistiksel yöntemler. TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları, No: 48.

Makalenin geliş tarihi: 12.06.1999

Makalenin yayına kabul edildiği tarih: 15.12.1999

Received: June 12, 1999

Accepted: December 15, 1999

