

# **JEOİSTATİKSEL YÖNTEM KULLANILARAK AFŞİN-ELBİSTAN HAVZASI ÇÖLLÖLAR B-SEKTÖRÜ REZERV BELİRLEME ÇALIŞMASI**

## **RESERVE ESTIMATION OF COLLORAR B-SECTOR OF AFSIN-ELBISTAN COAL BASIN BY USING GEOSTATISTICAL METHOD**

**Selman N. KÜRKCÜ \***  
**Mücella ERSOY \*»**  
**Emin ERSUN »\*\***

**Anahtar Sözcükler:** Rezerv Belirleme, İstatistiki Analiz, Variogram Parametreleri,  
Kriging Analizi

### **ÖZET**

305 sondajlı kapsayan Afşin-Elbistan Havzası Çöllölar (B) Sektörü içinden; muhtelif bilgisayar programları kullanılarak kurulu gücü 4 \* 340 MW kapasiteli Termik Santral için gerekli 550 milyon ton rezerve sahip, optimum toprak kömür oranını veren.130 sondajlı işletme sahası, daha önce yapılan çalışmalarla belirlenmiş; bu yazıda ise aynı sahanın jeostatistiksel yöntem kullanılarak yeniden irdelenmesi amaçlanmaktadır

### **ABSTRACT**

An area which has 130 drill holes, optimum waste-coal ratio, and 550 millions tons reserve has been previously determined for the power plant with a capacity of 4\*340 MW in Collolar (B) sector of Afsin-Elbistan coal basin which has originally 305 drill holes. In this paper, the same area is examined again by using geostatistical method.

\* Maden Müh . TKİ Genel Müdürlüğü. ANKARA

•\*\* Maden Müh . TKİ Genel Müdürlüğü. ANKARA

\*\*\* Kimya Y. Müh , TKİ Genel Müdürlüğü. ANKARA

## 1.GİRİŞ

Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu'nda(TKİ). gerek işletme projesi gerekse revize proje çalışmalarında rezerv hesaplama yöntemi ağırlıklı olarak poligon yöntemine dayanmaktaydı. Bilgisayar aracılığı ile rezerv hesaplama çalışmalarına. IBM 370 sistemi ile ilk kez 1970'li yıllarda Kurumumuza bağlı bir müessese olan Ereğli Kömür İşletmeleri'nde(EKT),Amerikan Madencilik Bürosunun desteği ile Virginia Politeknik Üniversitesi'nce geliştirilen. Taylor yaklaşımı ilkesine dayalı olan harita çizimi "CONFUR II", rezerv hesaplama "REZERVE-COAL" adlı bilgisayar programları ile başlanmıştır. Buna paralel olarak Pennstate Üniversitesi tarafından geliştirilen, ağırlıklı hareket eden ortalama yöntemi kullanan "JEOLOJİ ve REZERVLER ALT SİSTEMLERİ " başlıklı bilgisayar programı ile de çalışmalara devam edilmiştir

Sözkonusu programlar; Genel Müdürlüğümüze 1989 yılında alınan IBM PS/2 80-311 model mikrobilgisayar ve buna bağlı sayılaştırıcı, çiziciden oluşan donanım üzerinde. yurt dışından temin edilen PLOT88 alt programları aracılığıyla sorulu-cevaplı(interaktif) hale getirilerek, çizim ve grafik olanakları yaratılmış ve AFŞİN-ELBİSTAN (B) projesinde uygulanmıştır. Böylece geçmiş yıllarda poligon yöntemi kullanılarak yapılan rezerv belirleme çalışmaları. mikrobilgisayar ve ilgili yazılımlar kullanılarak hem ekrandan hem de çiziciden çeşitli haritalar(eş yükselti,kalori,nem.kül.kalınlık.toprak-kömür oranı) alarak gerçekleştirilmiştir(AFŞİN-ELBİSTAN HAVZASI ÇÖLLÖLAR SEKTÖRÜ REZERV BELİRLEME ÇALIŞMASI. 1991).

Günümüzde ise özellikle metalik madenlerde kullanılan, kömür rezervlerinin belirlenmesinde de yaygın olarak kullanılmaya başlanan, daha hassas ve doğru sonuçlar veren jeostatistik tahmin modeli aracılığı ile Kurumumuz yararına daha akılcı kısa ve uzun vadeli üretim planlarının yapılması ve bu sayede en yüksek ekonomik değer elde edilmesi ile birlikte ocak işletmecilerinin de daha doğru yönlendirilmesi hedeflenmektedir Ayrıca. Kurumumuzca yakın geçmişte başlatılan işletme sonrası çevre düzenleme çalışmalarının da daha etkin olarak yürütüleceği düşünülmektedir.

2 CONTUR-II v© REZERVE-COAL BİLGİSAYAR PROGRAMLARI  
KULLANILARAK AFŞİN-ELBİSTAN (B) ÇÖLLÖLAR SAHASININ  
DEĞERLENDİRİLMESİ

çöllölar sahası Kahramanmaraş- ilin© bağlı Elbistan ilçesinin kuzeybatısında. Çöllölar 11© Kuşyakası Sinekli V© Hurmanlı yerleşim birimleri arasında bulunmaktadır Çöllölar sahasının batı sınırını Hurman çayı oluşturmaktadır. dQŞU sınırına paralel olarak da Çogulhan deresi bulunmaktadır

Türkiyenin giderek artan enerji talebi karşısında V© enerji kaynaklarının durumu göz önünde alındığında ELBİSTAN-B sahasının işletilerek enerji elde edilmesi kaçınılmaz görüldüğünden, bu sahaya ait ön rezerv belirleme çalışmaları daha önce sözü edildiği gibi "CONTUR II ve REZERVE-GOAL" programları kullanılarak 1991 yılında Genel Müdürlüğümüzce gerçekleştirilmiştir Yapılan bu çalışma ile Türkiye Elektrik Kurumu (TEK) tarafından kurulmağı öngörülen 4\*340 MW kapasiteli termik santral için gerekli yaklaşık 550 Milyon ton rezerv sahip optimum toprak kömür oranı veren işl©tm© sahasının saptanması amaçlanmıştır

2 1 Üretilbilir Rezerv Hesaplamasında Dikkat© Alınan Kriterler

Üretilbilir rezerv hesaplamasına baz oluşturan Sondaj stampalarının değerlendirilmesinde aşadındaki kriterler dikkat© alınmıştır

- Linyit damarının tavan ve tabanında 15'©r cm kayıp Olacağı kabul edilmiştir

- Sondaj stampı içinde herhardi bit linyit damarının tavan ve tavanından 15'er cm çıkarıldıktan sonra kalan kalınlık 0 50 metrenin üstünde ise üretilebilir rezerv\* kısmına değilse dekapaj kısmına dahil edilmiştir

- 0 50 metrenin altındaki «ta tabakalar r#üerve d«h 1 edilmiştir

- Kalori değeri 750 »'cai/kg altında olan linyit *dirhmti* dekapaja dahil edilmiştir r /

- Linyit damarına a't >\*ül oranı en fazla 250 gr/1000 K/üt/kg olarak alınmıştır

Sahanın Güneyinde bulunan Hurman Deresinden dolayı malzemenin gevşek olabileceği ve bu durumun ocak şevini etkileyebileceği dikkate alınmış olup. sözkonusu derenin derive edileceği düşünülerek rezerv belirleme çalışmasında 130 adet sondaj değerlendirmeye alınmıştır Elde edilen sonuçlar aşağıda verilmektedir.

Üretilebilir rezerv	• 544 milyon ton
Ortalama kömür kalınlığı	37.8 metre
Ortalama kalori	1179 Kcal/kg
Ortalama nem değeri	<b>%52,98</b>
Ortalama kül defleri	9618.25
Toprak-Kömür oranı	2.8 mVt (Şev dekapajı hariç)

### 3. REZERV BELİRLEMESİNDE KULLANILAN GEO-EAS HİZMET PROGRAMININ TANITIMI

Bu yazıda yapılan çalışmalar, günümüzde en yaygın olarak kullanılan, iki boyutlu GEO-EAS (Geoistatistiksel Environment Assesment Software) hizmet programı aracılığı ile gerçekleştirilmiştir. Sözkonusu program, Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı tarafından geliştirilmiş, telif hakkı olmaksızın kullanıma açık (Public Domain) ve sorulu cevaplı (interaktif) niteliktedir.

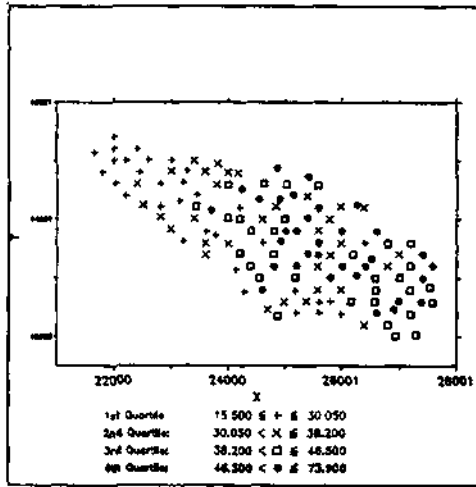
Program ile: ekrandan bilgi girme, girilen bilgiler üzerinde istenildiğinde değişiklik yapabilmek, istatistiksel analizler, variogram analizi ve kriging hesaplamaları yapılabilir. Ayrıca istenildiğinde çeşitli türde grafiklerin ekrandan yazıcıdan ya da çiziciden elde edilmesine olanak sağlamaktadır. Kullanımı son derece kolay olan programın sağladığı en önemli faydalardan bir diğeri ise. "eğer şöyle ise" (What if) gibi isteklere anında hesaplamalar yaparak raporlar üretmesidir.

Sözkonusu hizmet programı, aynı anda 48 değişken ve 1000 adet sondaj bilgilerini işleme olanağına sahiptir (ENGLUND ve SPARKS 1991)

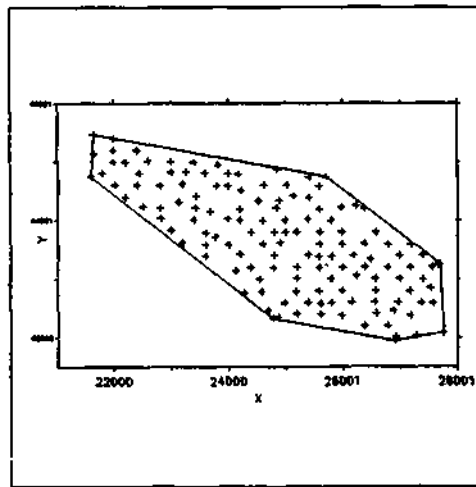
### 4. İSTATİSTİKSEL OLARAK SAHANIN YORUMU

Çalışmanın ilk aşamasında. sondaj stamplarının değerlendirilmesinde baz alınan kriterler doğrultusunda

hazırlanan kül.nem,kalori.kalınlık ve sondaj koordinatlarına ait verilerde herhangi bir hata olup olmadığı GEO-EAS hizmet programı kullanılarak irdelenmiştir. Şekil 1'de. sahanın kalınlık değerlerinin dağılımı yer almaktadır. Şekil 2'de de rezerv belirlemede baz alınan saha sınır koordinatları verilmektedir



Şekil 1. Kalınlık dekarları dağılımı



Şekil 2. Saha sınır koordinatları

Yapılan istatistiksel analizler ile saha genelinde kömür yatağına ait yapısal farklılıkların önceden belirlenmesi amacıyla her bir değişkene ait histogramlar, frekans dağılımları ve dağıtılmış (scatter) grafikler alınmıştır.

Elde edilen Histogram sonuçlarında ilk gözlenen durum, her dört değişkende (kalınlık, kalori, kül ve nem) ortalama (Mean) değerinin ortanca (Median) değerine yakın olması ve yine dört değişkenin normal dağılım göstermesidir. Ancak dört değişkene ait değişim katsayısının (Coefficient of Variation) irdelenmesi sonucunda, nem ve kalori değerlerinin normal sayılabilecek sınırlar içinde olduğu buna karşın kül ve kalınlık değerlerinin ise geniş bir değişim aralığına sahip olduğu saptanmıştır (Şekil 3)

Şekil 4'de dört değişkene ait frekans dağılımları görülmektedir. Burada nem değişkenine ait frekans dağılımı

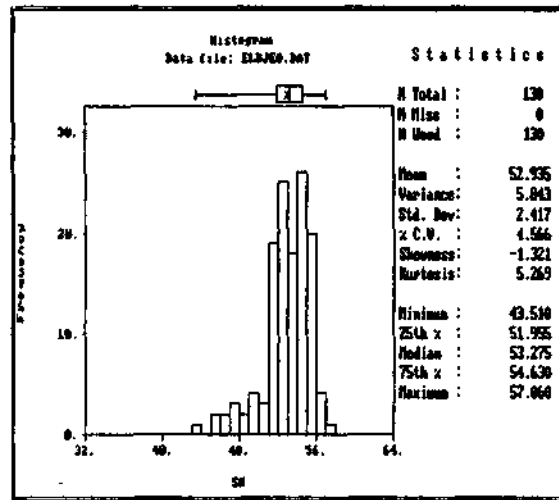
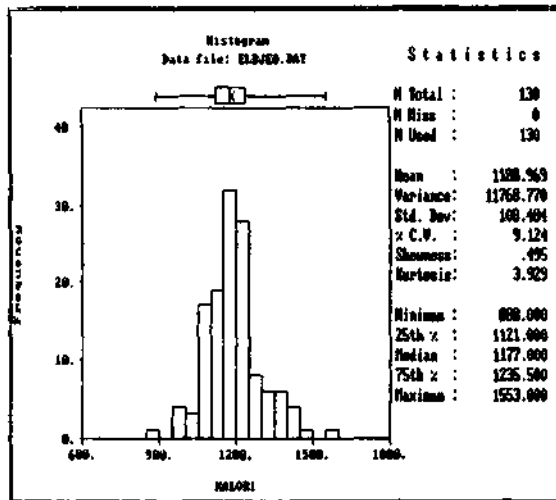
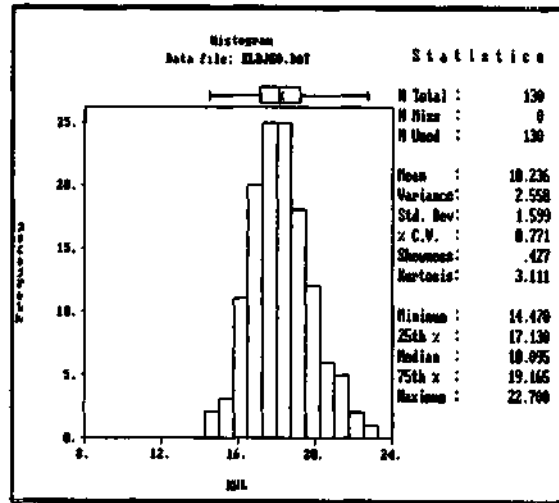
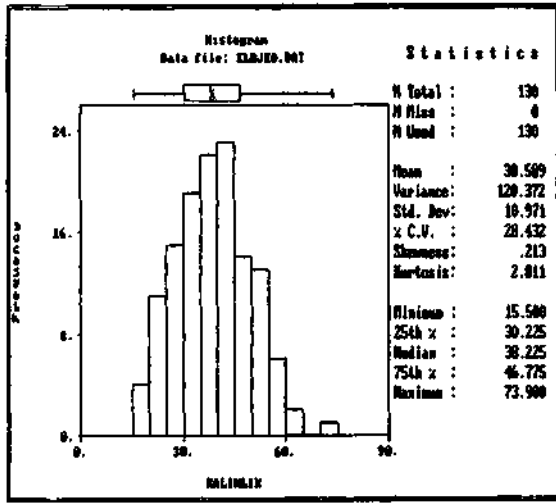
negatif çarpıklık(Skewness) göstermektedir Bu durum da.sahada farklı zonlarda su tablasının varlığına işaret etmektedir. Şekilden anlaşıldığı gibi ortalama nem değeri oldukça yüksektir. Kalınlık,kül ve kalori değerlerine ait frekans dağılımları ise pozitif çarpıklık göstermektedir Pozitif çarpıklık değerinin anlamı, sözkonusu değişkenlere ait az sayıda yüksek değer varlığını belirtmekte ise de bu sahaya ait kül ve kalınlık değerlerinin yüksek olmasına karşın kalori değerlerinin de düşük olduğu bilinmektedir. Kalınlık değişkeninin normalden uzaklaşması istatistiksel olarak yorumlandığında, sahada birden fazla kömür damarı olduğu sonucuna varılmıştır. Kalınlık dağılımının 25 m ile 50 m arasında ani değişiklik göstermesi bu durumu kanıtlamaktadır. Bu ani değişikliğin sondaj stamplarında yeterli bilginin olmamasından kaynaklandığı düşünülmektedir Bu nedenle konunun bir kez de jeostatistiksel olarak değerlendirilmesinde yarar görülmüştür

Alınan dağıtılmış diyagramlardan kalori-kül,kalori-nem ve kalori-kalınlık değerleri arasında herhangi bir ilişki(korelasyon) bulunamamıştır.

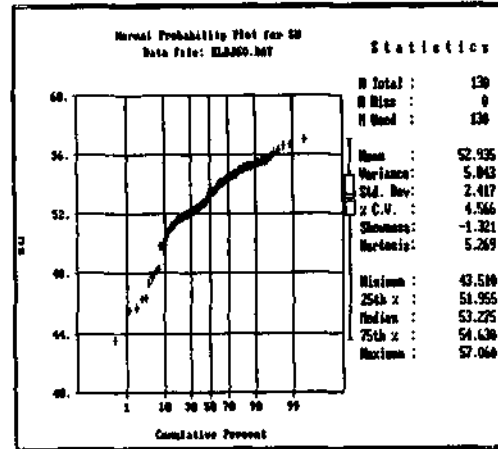
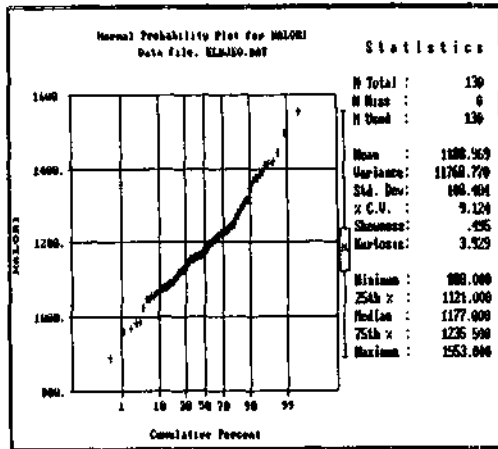
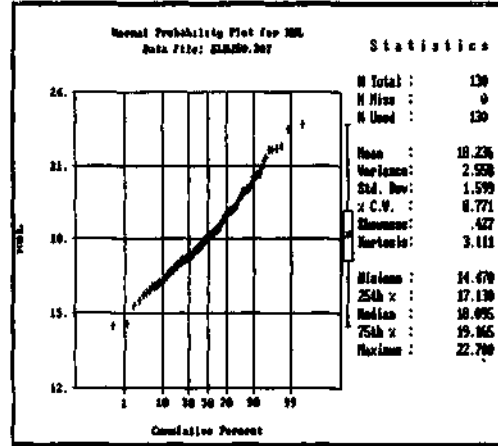
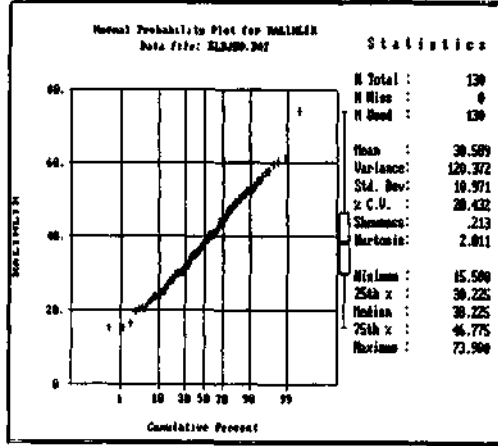
Aşağıda verilen Çizelge I'de 130 adet sondaja ait hesaplanan istatistiksel değerler verilmektedir

Çizelge 1. Sahaya Ait İstatistiksel Değerler

Değişken	Ortalama	Standart Sapma	Ortanca	(%)Değişim Katsayısı
Kalınlık	38,589	10,971	38.225	28,432
Nem	52.935	2,417	53,275	4 566
Kül	18.236	1,599	18,095	8,771
Kalori	1188.969	108.484	1177,000	9.124



Şekil 3 Sahaya ait histogram dağılımları



şekil 4 Sahaya ait frekans dağılımları.



## 5 JEOİSTATİSTİKSEL OLARAK SAHANIN YORUMU

Son yıllarda. kömür yataklarının değerlendirilmesi amacıyla jeoistatistik yönteminden yararlanılmaya başlanmıştır. Bu yöntem; numune almada, numune hatalarının belirlenmesinde. ^eolojik tahminler yapılmasında. kömür yatağı araştırmalarının optimizasyonunda ve rezerv belirleme çalışmalarında büyük oranda kullanılmaktadır. Ayrıca. selektif madencilik sırasında meydana gelen karışımlar sonucu kömür kalitesi kontrolünde. kömür istifleme ile paçal işlemlerinde de kullanılmaktadır.

Bilindiği gibi, jeoistatistiksel yöntem de bir istatistiksel yaklaşımdır. Temel istatistik kapsamında bulunan ortalama. histogram. standart sapma ve frekans dağılımları ile daha basit ve genel tahminler yapılabilmektedir. Bir kömür yatağının değerlendirilmesi sırasında üzerinde önemle durulması gereken kalınlık. kalori. kül ve nem yüzdesi gibi değişkenlere sahip bir sondajın etrafında bulunan diğer bir sondajla olan ilişkisinin temel istatistikle irdelenmesi mümkün değildir. Bu aşamada uzaysal (spatial) istatistik olarak da tanımlanan Jeoistatistik yöntem devreye girmektedir. Bu yöntem. Va«rogram modellemesi ve Kriging yöntemi ile herhangi bir kömür yatağında bulunan komşu iki sondajın birbirlerine olan etki mesafeleri ve yönlerini fonksiyon olarak dikkate almakta ve sondaj değişkenlerini belirlenen fonksiyona göre korele etmektedir (RENDU. 1982).

### 5 1 Kömür Yatağına Ait Variogram Modellemesi

Variogram. bir maden yatağının değerlendirilmesinde baz alınan değişkenin (kalınlık. kalori. kül. nem gibi) değerleri arasındaki uzaysal korelasyonu veren ve bunu miktar olarak belirten bir fonksiyon olup, jeoistatistiğin *d?* temel ögesidir (DAVID. 1977). Variogram çizilmesi ile birlikte maden sahası ile ilgili şu bilgiler elde edilmektedir:

- üzerinde işlem yapılan değişkenin sürekliliği
- değişkenlerin birbiri ile olan ilişkisine ait etki alanı
- etki alanının yönlerine göre değişimi (anisotropy).

Bu özellikler birbirinden h mesafesindeki değişken çiftleri arasındaki benzerlik ve farklılıklar incelenerek elde edilmektedir.

DeneySEL Variogram formülü:

$$\gamma(h) = 1/2n(h) \sum_{i=1}^{n(h)} (z(x_i) - z(x_i+h))^2 \dots \dots \dots (D)$$

Burada,

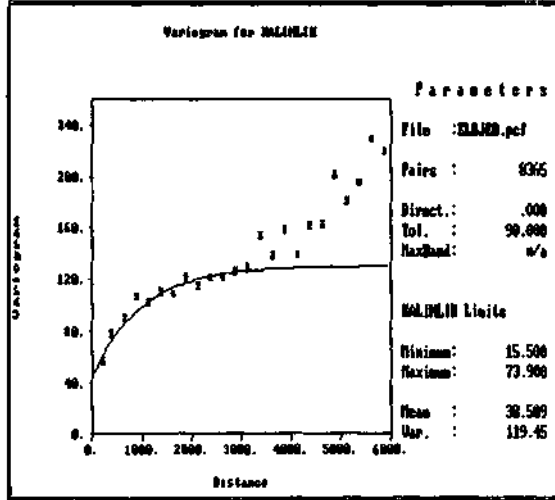
h' iki numune arasındaki mesafe

n(h): h mesafesi ile birbirinden ayrılan numune çiftleri

z(x)' x<sub>x</sub> noktasındaki numune değeri

göstermektedir.

Kriging yönteminin uygulanabilmesi için önceden variogram modelinin belirlenmiş olması gerekmektedir(ENGLUND ve SPARKS, 1991).Birbirinden h mesafede olan değişken değerleri arasındaki farkın karesi yönlerine göre hesaplanmakta artan h mesafesine göre değişken değerlerinin grafiği çizilmektedir.Elde edilen grafik.ortalama deneysel variogramı oluşturmaktadır. Ortalama deneysel variogram. 90° toleransla çizilen variogram olup. yön ayırt etmeden sadece sondajlar arası mesafeyi göz önüne almaktadır.



Şekil 5'de yer alan kalınlık değişkenine ait ortalama deneysel variogramın çiziminden sonra mevcut teorik variogram modellerinden hangisinin buna daha iyi uyduğu saptanmıştır.Bu amaçla. 0°. 60°. 90°. 120° ve 150° yönlerinde variogramlar çizilmiştir.

Sekil 5. Ortalama deneysel variogram nodali

Teorik variogram modeliernesinde üstsel model seçilmiştir. Hernekadar teorik modellerne için küresel model daha yaygın olarak kullanılmakta ise de literatürde, üssel modelin kullanımı önerilmektedir (DAVID. 1982). Bu çalışmada sondaj çiftleri arasındaki uzaklıklar 100.200.300 metre artırılarak denenmiş ve 200 metrelik arttırımın en iyi sonucu verdiği saptanmıştır. Kömür kalınlığı için yapılan variogram çalışması sonucunda 30 toleransla deneysel variogramlar ve uyarlanan üssel model çizilmiştir (Şekil 6). Alınan variogramların incelenmesi sonucunda, sahada anisotropik bir yapının varlığı saptanmıştır.

Yapılan değerlendirmeler sonucu değişimin en yavaş olduğu 60° nin büyük eksen, en hızlı olduğu 150° nin küçük eksen olduğu saptanmıştır. Kriging hesaplamalarında:  $q_1 = 45 \text{ m}^2$  .  $C = 85 \text{ m}^2$  büyük etki mesafesi 5100 m ve açısı 60° . küçük etki mesafesi 2000 m ve açısı 150° olan anisotropik yapıda üssel model kullanılmış. kriging araştırma yarıçapı ise 1000 m olarak alınmıştır.

## 5.2 Kriging Yöntemi Kullanılarak Rezerv Belirlemesi

Kriging yöntemi; bir bloğun değişkeninin değerini (kalınlık, kalori, kül ve nem gibi), bloğun kendi içinde yada bloğun çevresindeki blokların değerleri ile doğrusal kombinasyonunu hesaplayan bir yöntem olup jeostatistiğin temel bir ögesidir.

Kriging yönteminde ; hata varyansını en aza indirgeyen 2 nolu eşitliğe Lagrange çarpanının eklenmesinden sonra A. ve H'ye göre türevlerinin alınıp sifıra eşitlenmesi ile 3 ve 4 nolu eşitlikler elde edilir.

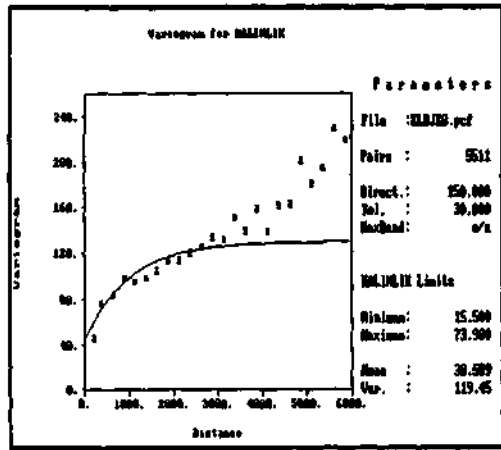
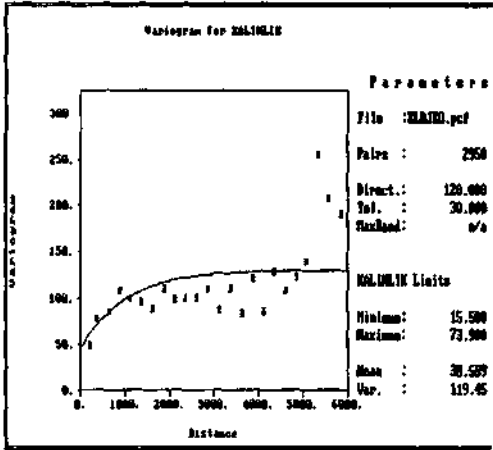
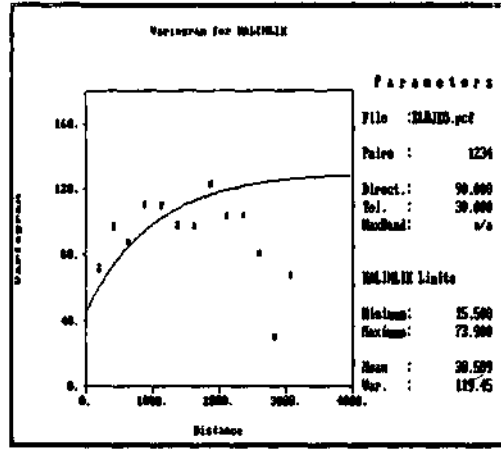
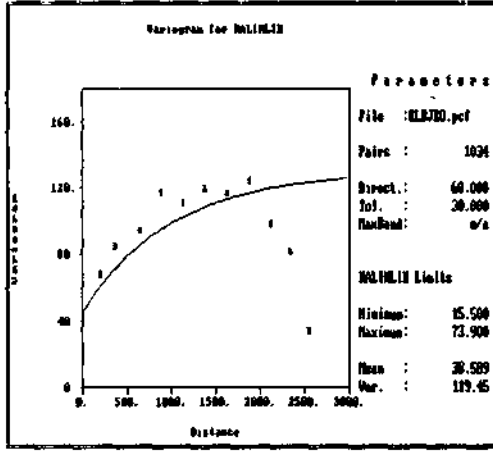
$$\sigma_z^2 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \lambda_i \lambda_j \sigma_{i,j} - 2 \sum \lambda_i \sigma_{i,z} + \sigma_z^2 \dots \dots \dots (2)$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j \sigma_{i,j} + \mu = \sigma_{i,z} \quad i=1..n \dots \dots \dots (3)$$

$$\sum_{i=1}^n \lambda_i = 1 \dots \dots \dots (4)$$

$\lambda_j$  : Ağırlık katsayısı

$\sigma_{i,j}$  : Numuneler arası varyans



Şekil 6 Deneysel variogramlar ve uyarlanan üssel model

$O_{1z}$  : Numune değeri ile blok değeri arası varyans

$f_i$  : Lagrange çarpanı

$O_x$  . Blokdaki gerçek değerin varyansı

Yukarıda yeralan 3 ve 4 nolu eşitlikler  $n + 1$  adet doğrusal eşitlik meydana getirir ve bu eşitliklerin çözülmesi ile  $X$  değerleri bulunur. Blok merkezine atanacak değerler aşağıdaki eşitlikle hesaplanır (RAMANI ve DIAZ. 1985).

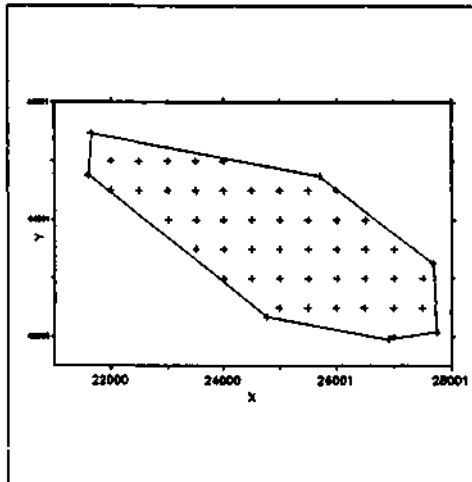
$$z^* = \sum_{i=1}^n \lambda_i z_i \dots \dots \dots (4)$$

$Z$  Atanan değer

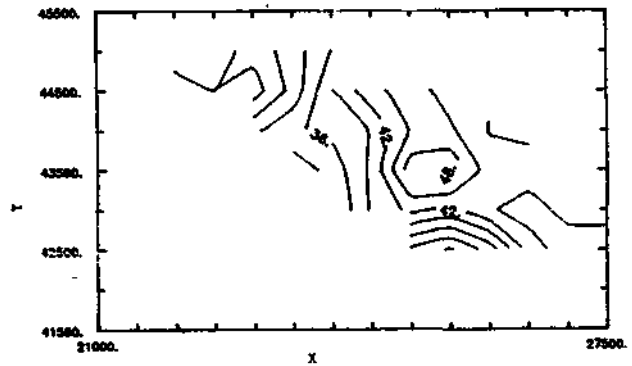
$Z$  Gerçek değer

Yukarıdaki eşitlikleri kullanan GEO-EAS programı aracılığıyla, sahaya ait 45 adet blok saptanmış ve her bloğun orta noktasına atanan kalınlık değerleri bulunmuştur (Şekil 7) Alınan değerlere göre çizilen eş kalınlık haritası Şekil 8'de verilmektedir.

Kömür yoğunluğunun  $1.25 \text{ ton/m}^3$ , herbir grid alanının ise  $250.000 \text{ m}^2$  alınmasıyla, saha için  $542.556.792$  ton rezerv miktarı elde edilmiştir.



Sakıl 7. sahanın Kriging grid noktaları.



Sakıl 8. Sahanın kriging «kalınlık haritası.

## 6.SONUÇ

Bu yazı kapsamında yapılan çalışmalar sonucunda; Taylor yaklaşımını kullanan 'CONTUR-II ve RESERVE-COAL' programlarıyla elde edilen rezerv miktarı ile Kriging yöntemini kullanan 'GEO-EAS' programından elde edilen rezerv miktarı arasında büyük bir fark olmadığı anlaşılmıştır.

Bunun nedeni, kömür yataklarının sedimanter bir yapıda olması.birbaşka değişle jeoistatistik yöntemi ile daha çok uygulama alanı bulan metalik madenlerin yapılaşmasından farklı olmasına bağlanabilir.

Kurumumuzca yeni ya da revize projelerde yapılacak olan rezerv belirleme çalışmalarında,hata oranını en aza indirmesi yönünde istatistiki irdellemelere olanak sağlaması nedeniyle jeoistatistiksel yöntemin uygulanabileceği sonucuna varılmıştır.

## 7.KAYNAKLAR

DAVID.M, ,1977 ; 'Geostatistical Ore Reserve Estimation'.Elsevier Scientific Publishing Co.Amsterdam.

ENGLUND.E. ve SPARKS.A..1991; 'Geostatistical Environmental Assessment Software' U.S. Environmental Protection Agency Las Vegas.Nevada.

RAMANI.R.V. ve DIAZ,E. .1985 : 'A Computer Simulation Model for Surface Mine Reclamation Planning'.Bureau of Mines.Washington

RENDU.J.M. ,1982 : 'Application of Geostatistics to Coal Evalation'.Golder Associates.Denver.Colorado.

ROYLE.A.G.1982 : 'Using Geostatistics to Estimate Coal Reserves'.World Coal,September/October.

ÜNAL,E..ÜNAL.A. ve GÜYAGÜLER.T..1992:'ileri teknoloji Uygulamaları Dördüncü Gelişme Raporu'.ODTÜ.Ankara.

.....1991: 'Asin Elbistan Havzası Çöllolar Sektörü Rezerv Belirleme Çalışması'.Etüd,Proje ve Tesis Daire Başkanlığı.TKİ.Ankara.