

*Modelleme Planlama*



## Mekanize Üretim Yöntemlerinde Kullanılan Ekipmanların 'İşletme Maliyeti Hesabı' Modeli

Y.Gül

Cumhuriyet Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Sivas

B.Elevli

Dımlupınar Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Kütahya

**ÖZET:** Her alanda olduğu gibi, madencilik alanında da bilgisayarın varlığı kendini hissettirmektedir. Ancak, fiziksel olarak bilgisayarın işletmelerde bulunması fazla bir şey ifade etmemektedir. Bilgisayardan yararlanabilmek için, işlerin özelliğine bağlı olarak geliştirilmiş "Bilgisayar Programlarının" olması gereklidir. Söz konusu bilgisayar programlarından, genel amaçlı olanları yaygın bir şekilde bulunulabilirken, özel amaçlı programlar piyasada bulunamamakta veya bulunsa da oldukça maliyetli olmaktadır. Bu durumda, işletmelerin bu programlardan yararlanmaları kısıtlı olmaktadır.

Bu çalışma kapsamında geliştirilen bilgisayar programı özel amaçlı programlar kapsamına girmektedir. Programın amacı, yeraltı maden işletmelerinde mekanizasyona geçebilmek, ekipman seçebilmek veya mekanizasyona geçilmişse mevcut ekipmanların değerlendirmesini yapabilmek için verilen çalışma koşullarında üretim miktarı ve işletme maliyetini hesaplayarak yöneticiye yardımcı olmaktır.

EKMAL adı verilen program aracılığıyla kullanıcı (çoğunlukla maden mühendisi), yer altı mekanizasyonunda yaygın olarak kullanılan Jumbo delici, LHD ve yer altı kamyonu ile ilgili üretimleri ve maliyetleri kısa sürede hesaplayabilece, farklı ekipmanların üretim ve maliyetlerini mukayese edebilmektedir.

**ABSTRACT:** The impact of computers can be seen in every area as well as mining. However, the existence of computers does not mean anything. In order to utilize the power of computers, specific computers programs are needed. Although general purposed programs can be easily obtained, it is very hard to find specific programs or they are very expensive. In this case, the utilization of computers will be limited.

The program developed within the scope of this study, can be classified as a specific program. Objective of the program is to help the engineers in equipment selection by calculating production and production cost of some underground equipments.

The program called "EKMAL" will help the user (usually mining engineer) to calculate production and production cost of underground equipments, such as Jumbo, LHD and underground truck within very short time period, to compare the production costs of different brand equipments.

### I GİRİŞ

Madencilik rekabetin ve riskin yüksek, kar marjının düşük olduğu yatırımlardır. Üretilen ürünün satış fiyatı ise genellikle dünya piyasalarında belirlenmekte ve düşük maliyetli Üreticiler pazardaki yerlerini koruyabilmektedirler. Bu pazarda rekabet edebilmek ve işletmenin ekonomikliğini sağlayabilmek içinde üretim maliyetlerini düşürmekten başka alternatif yoktur. Bunlara ilave olarak sağlık, emniyet ve çevre ile ilgili yasal düzenlemeler hem ilave maliyet getirmekte, hem de işçilerin üretim noktalarından uzaklaştırılmasını zorunlu hale getirmektedir.

Hem üretim maliyetini azaltmak, hem de üretim noktalarındaki işçi sayısını azaltmak için, klasik emek - yoğun üretim yöntemlerini terk ederek mekanize üretim yöntemlerine geçmek gerekmektedir. Mekanize üretim yöntemine geçmek iki aşamalı bir problemdir. Birinci aşama, işletme şartlarına en uygun ekipman/ekipmanları seçmek, ikinci aşamada ise yatırım için yöneticinin ikna edilmesidir. İşletme yöneticisinin ikna edilmesi en iyi maliyet mukayesesi ile yapılır. Mevcut sistemin maliyetini hesaplamak kolay iken, hedeflenen sistemin maliyetini hesaplamak zordur. Mekanize bir üretim yönteminin maliyetini önceden hesaplayabilmek için birtakım kabuller yapılmalı ve geliştirilmiş maliyet modelleri kullanılmalıdır.

Yukarıda anlatılan sebeplerden görüleceği üzere, mekanize metim yönteminde hem kullanılması planlanan ekipmanların seçiminde maliyet mukayesesi, hem de mekanize metime geçilmesi durumunda oluşacak maliyetlerin hesaplanması gerekmektedir. Bu hesaplamaların kolaylıkla, kısa sürede ve herkesin kabul edebileceği bir şekilde yapılması için, bir maliyet hesaplama modeli geliştirilmiştir. Oluşturulan bu model C++ yazılım dili kullanılarak bilgisayar programı haline getirilmiştir.

## 2 EKİPMAN SEÇİMİ KRİTERLERİ

### 2 / Genel

Maden işletmelerinde makine-ekipman seçimi en kritik katarlardan birinin verilmesidir. Özellikle kazı ve nakliye ekipmanları, madendeki tüm işlemlerin merkezi olup, üretimle ilgili diğer işler bu ekipmanlara bağlıdır. Ayrıca rekabet ortamı, maden fiyatları ve buna bağlı olarak kar marjının düşük olduğu günümüzde, seçilen ekipmanların uygunluğu işletmenin ekonomikliliğini etkilemektedir. Seçilen ekipmanlar istenen amaca uygun ve sistemin diğer elemanları ile uyumlu ise, işletmenin ekonomikliliğine pozitif bir katkı yapar. Aksi durumda ise işletmenin ekonomikliliğinin negatif olmasına sebep olur.

İşletmenin amacı kazanmak olduğuna göre, ekipman seçimi yapılırken teknik ve ekonomik kriterler detaylı bir şekilde analiz edilmelidir (Elevli 2002, Saydam 19%).

### 2.2 Teknik Kriterler

"teknik kriterler seçilecek ekipmanın işletme şartlarına uygun olup olmadığının tespitine yönelik kriterleri içermektedir. Bu kriterleri uç grupları olarak eleme mümkünüdür.

#### f Mevcut enerji sistemi de uygunluğu

Günümüzde ekipmanlar farklı enerji sistemlerine sahip olabilmektedirler. Yaygın olarak Basınçlı hava, elektrik enerjisi ve sıvı (motorin, benzin vs.) enerji sistemleri kullanılmaktadır. Ancak maden işletmelerinde enerji sistemlerinin hepsi aynı değildir. Seçilecek ekipmanın istediği enerji sisteminin işletmede mevcut olması gerekmektedir. Aksi takdirde ekipman boşa alınmış olur.

#### // Yeraltı boşluklarına uygunluğu

Yeraltı işletmelerinde, yeraltında açılan boşlukların boyutu çok önemlidir. Seçilecek/alınacak ekipman ya mevcut bir işletme için veya yeni planlanan bir işletme içindir. Bu durumda seçilecek ekipman

mevcut boşluklara sığabilenlidir. Çünkü ekipman sığdırmak için yapılacak ilave kazılar toplam maliyeti artıracaktır. Ayrıca, kazılan kayacın mekanik özellikleri de açılan boşluğun boyutlarını kontrol etmektedir. İşlediğimiz büyüklükte boşluk açmamız bazen mümkün olamayabilir veya o boşluğu ayakta tutmak için çok fazla tahkimat gerekmektedir. Bu husus özellikle yeni işletmeler için seçilecek ekipmanlarda önem kazanır. Yeraltı ha/u değilse bile ekipman seçiminden önce yeraltında oluşturulacak boşlukların yaklaşık boyutları tespit edilmeli ve ekipman buna göre seçilmelidir.

Seçilen ekipman, hem kullanım yerine rahatlıkla taşınabilmelidir, hem de çalışacağı yerde rahat hareket edebilmelidir. Burada en büyük kısıtlayıcı çözümler mevcut kuyulardır.

Binada gözönüne alınacak boyutlar.

- Yeraltındaki boşluğun genişliği ile ekipmanın genişliği.
- Yeraltındaki boşluğun yüksekliği ile ekipmanın yüksekliği.
- Yeraltındaki dönüşlerin yarıçapı ile ekipmanın dönme yarıçapı.

Uyumlu olmalı ve aradaki fark ekipmanın rahat hareket etmesine olanak tanımalıdır. Zaten üretici firmalar kataloglarında mutlaka bu boyutları verirler.

#### w [İşletme üretimi işi gerçekleşsin mi sı

Eziksel boyutu çalışma şartlarına uygun ekipmanlar seçildikten sonra, seçilen ekipmanların istenen üretim/iş gerçekleştirip gerçekleştiremeyeceği analiz edilmelidir. Bu aşamada

- Ekipmanın teknik özelliklerine.
- Çalışma şartlarına.

bağlı olarak ekipmanla ilgili birim üretim miktarı hesaplanmalıdır. Bu hesaplamaları yaparken kullanılan kabullerin gerçekçi olması çok önemlidir. Yanlış veya eksik kabuller hoş olmayan sonuçlar doğurur.

Bu şekilde elde edilen sonuçlar sonunda hangi ekipmanlarla hedeflenen üretim miktarına ulaşılabileceği konusunda karar verilir. Bu hesaplamalara paralel olarak alınması düşünülen ekipmanın sistemdeki diğer ekipmanlarla kapasite uyumunun olup olmadığı da analiz edilir.

### 2.3 Ekonomik Kriterler

Ekipmanların ekonomik değerleri farklılıklar arz eder. Ekonomik kriterler bazında, ekipmanla ilgili maliyetlerin mukayese edilmesi gerekir. Mevcut sistemdeki bir ekipmanın maliyetini hesaplamak kolaydır. Ancak seçim yapmak amaçlı yeni işletmede faal olmayan bir ekipmanın

malivetmi hesaplamak zordur Oldukça delay ve ırmz bir çalışma guektırn

Fkıpnıanları ekonomik bazda mukavese edebilmek içm aşığıdaki nıalijeilemı hesaplanmasi gerekmektedir

- Fkıpnıanın ilk \alırnını malı\alı
- " Ekipmanın işletme malı\eti
- Ckıpnıanın toplam hırını nıaliveti

İşleimenin ktndı (ınansal koşullarına göre bu kriterlerin hangisinin ağırlıklı olacağı değışebilir Ama >a\gın olarak teri.ih edilen toplam hırını maliyet muka\esesidir Bu hırım malnel ekipmanın \aptığı işe bağılı olarak TL/um TL/m' TL/m şekilLinde itade edilir

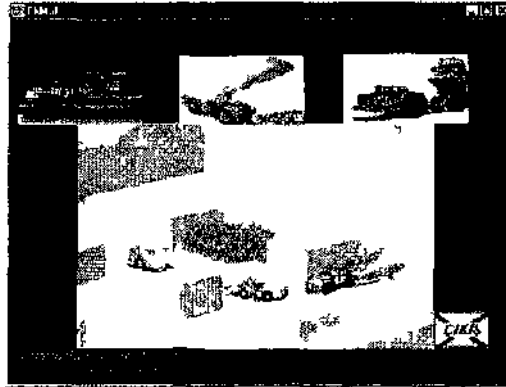
İeknik ve ekonomik kriterlerin \anısuı ekipman seçimi \apılırken \asaı kriterler (İŞÇİ sağılığı \c İŞ güvenliğı ile ilgili) \c satış soması ser\ıs ağıda goz o n H n ek, bulundurulmalıdır Satış soması teknik destek sağılayan ve güvenilirliğı tesel edilmiş lırmaları m ekipmanları seçimlerde dikkate alınmalıdır

## 1 PROGRAMIN TANITILMASI

### 3 1 Genel kullanım

Görsel C++ (Borland C++ Buildı) dili kullanılarak geliştirilen LK.MAI programı pi.nt.Lie mantığı ile hazırlanmış olup bir ana ve 11 ali pencereden modana gelmiştir

İ KMAL programı çalıştırıldığı zaman ekrana "Şekil 1 de görülen pencere gelir



\*>ekil 1 I I kMAI programı ana penceresi

Bu pencere üzerinde görülen uç adei küçük ıcsını (Delici Yukle\ıcı Kanıyon) ali menilere ulaşımı sağılar Bu menilerden herhangi birine tıklanısa menu ile ilgili \eni hır pencere açılır

Tum pencerelerin ortak olan ozelliklıcinden biriiLiM pencerelerde bulunan renkli kutucuklardı Bu lenkli kutucuklara kullanıcı müdahale edemez

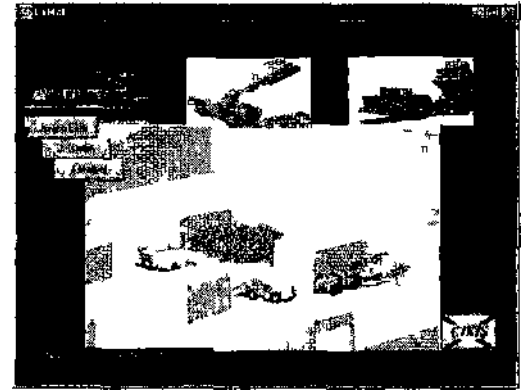
O kutucuklar programın hesaplamaları sonucu elde edilen değerlerdı Kullanıcı ancak lenkli olmayan kutucuklardaki verileri değıştirebilir İkmcı özellik ise herhangi hır pencere ilk açıldığında en son \apılan işlemlerin sonuçları ile ekrana gelir Bu konuda kullanıcının dikkatli olması geieklidir

### İ 2 Delici İMCIMI

Ana pencere uzennde bulunan delici resminin ü/eine gidilirse uç adet menu ortaya çıkar (Şekil 2)

Bunlar

- a JumboEkle
- h Delici Üretim
- e Delici Maliyen



Şekil 2 Resim ızenne gidince oluşan görüntü

### a Delici ekle seçeneği

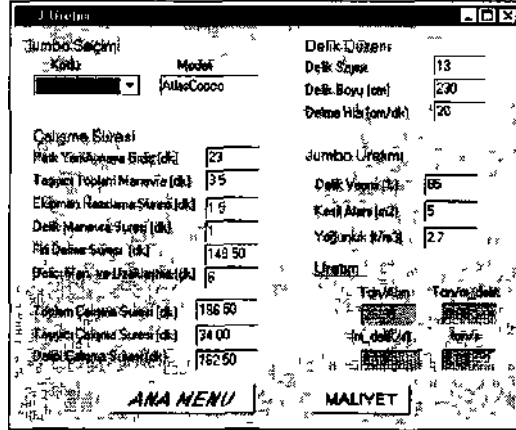
Bu pencere aracılığı ile işletmede bulunan veya alınması düşünölen delici ile ilgili teknik özellikler veri tabanına eklemi Bu pencere görüntüsü Şekil 1 de görölmektedir

Erişimodu	EkModel	NoAded	Tık.sahıB	Geres#	Uzunluk	Tık
BL C	AtlasCopco	2		750	1380	
MJMB	MTI Jumbo		745	210	247	
MTLB	MTI Jumbo		45	100	1795	
OCot	Tamrac	1	185	120	8400	

Şekil 3 Dalıcı ekle penceresi

**b. Delici üretimi seçeneği**

Şekil 4'de bir örneği gösterilen bu pencere aracılığı ile seçilen delicinin üretimi hesaplanır. Bu hesapların yapılabilmesi için gerekli verilerin aşağıda verilen talimatlar doğrultusunda girilmesi gerekmektedir.

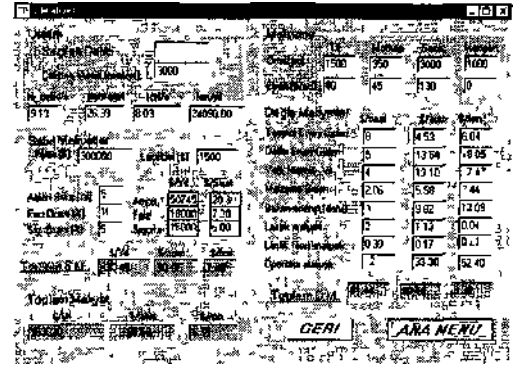


Şekil 4 Delici üretim penceresi

- Jumbo tipi seçilir. (Veri tabanında kayıtlı olan Jumbolardan bin seçilir)
- *Park Yen- Aynaya Gidi?* : Aracın katalogdaki ortalama hareket hızı ve mesafeye göre kullanıcı tarafından hesaplanarak programa girilir.
- *Taşıyıcı Toplam Manevra Suresi* • Yaklaşık 2 - 4 dakikadır.
- *Ekipman Hazırlama Suresi* 5 - 7 dakikadır.
- *Delik Manevra Suresi*: Delme esnasında bir delikten diğerine geçerken harcanan süre olup, kullanıcı tarafından delinecek delik sayısı ve delicideki kol sa\ısına göre hesaplanarak girilir
- *Deha Manevra ve Uzaklaşma* 3 - 6 dakika/dtım'dır.
- *Delik Verimi* : İlerleme miktarının, Delik boyuna oranı olup kullanıcı tarafından tahinini olarak girilir. (0 7-0.99).

**e. Delici maliyeti seçeneği**

Bu pencere aracılığı ile en son seçilen Jumbonun maliyeti hesaplanır. Şekil 5'de bir örneği görülen bu pencerede veri girişi yapılırken aşağıdaki hususlar dikkate alınmalıdır.



Şekil 5 Delici maliyet penceresi

- Makinanın yıllık çalışma süresi tahmini olarak veya üretim menüsünde çıkan sonuçlar gözönüne alınarak.
- Makina ve lastik fiyatı alınan bilgilere göre. Amortisman süresi. Faiz Oranı ve Sigorta oranı ise piyasa koşullarına göre,
- Tij. Malkap. Sank ve Manşon fiyat ve ömürleri üretici firmalardan ve katalog bilgilerinden bulunarak,
- Taşıyıcı enerji gideri. Delici enerji gideri. Yağ ve Hidrolik gideri işletme koşulları dikkate alınarak

kullanıcı tarafından hesaplanarak, programa girilir.

**3.3 Yükleyici Seçimi**

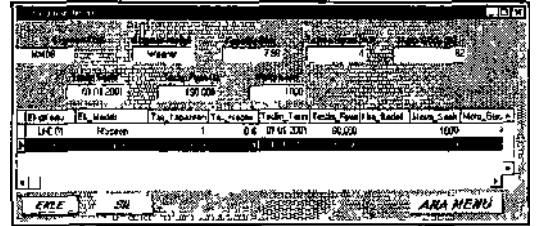
Ana menüde Yükleyici Resm'inin üzerine gidildiği zaman dört adet alt seçenek çıkar. Bu seçenekler;

- Yükleyici ekle
- Yol
- Yükleyici Üretimi
- Yükleyici maliyeti

Bu seçeneklerin her biri aşağıda açıklanmıştır.

**a. Yükleyici ekle seçeneği (Ekipman girişi)**

Bu seçenek seçildiğinde Şekil 6'da görülen ekran görüntüsü gelir.



Şekil 6 Ekipman veri giriş penceresi (LUD ve Kamyon için).

Bu menü aracılığı ile işletmede bulunan veya alınması düşünülen LIID'lerin fiyatı, tipi ve teknik özellikleri veri tabanına kayıt edilir. Üretim ve maliyet hesapları bu veri tabanında bulunan yükleyicilerden seçim yapılarak gerçekleştirilir.

### b. Yol Ek/D/ seçeneği

Bu seçenek "Yol Ekle" ve "Yol Düzelt" olmak üzere iki alt seçenekten oluşmaktadır.

- *Yol ekle* seçeneği:

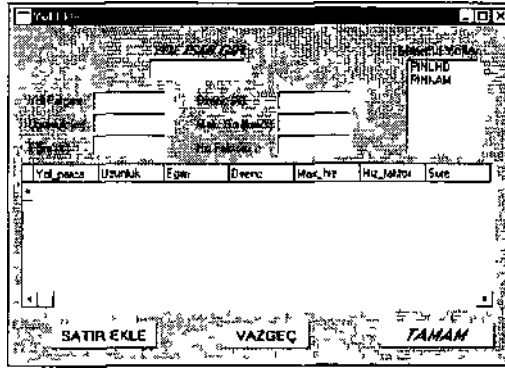
"Yol Ekle" seçeneği seçildiğinde Şekil 7'de ki ekran görüntüsü görülür. Bu ekran aracılığı ile işletmede, yükleyicilerin kullanacağı yol güzergahları veri tabanına kayıt edilir. Kayıt yapılırken yükleyicinin gidiş ve dönüş güzergahının, yol koşullarına ve eğime göre parçalara ayrılmış olması gerekmektedir. Her yol parçası içinde, kullanılacak ekipmanın ulaşabileceği maksimum hızın, yolun uzunluğu, eğim ve yol direncine bağlı hız faktörünün kullanıcı tarafından programa girilmesi gerekmektedir.

Yol direnci ; Yol koşullarına bağlıdır.

Nakliyat yolu tanımı (Gül, 1998)

Yol Durumu	Yol Direnci
Kuru, düzgün ve cenis	35
Çamurlu ve Ona genişlikte	5
Çamurlu, sulu ve dar	10

Hız Faktörü • Makina kataloglarındaki mesafe-hız faktörü ilişkisi grafiklerinden kullanıcı tarafından tespit edilir.



Şekil 7 Yol ekleme penceresi

- *Yol düzelt* seçeneği.

Bu seçenek seçildiği zaman Şekil 8'de görülen görüntü ekrana gelir.

Index	Yol parçası	Uzunluk	Eğim	Direnc	Max. hız	Hız Adansı
PINLHD	g1	41.5	0	35	4134	1
PINLHD	g2	10	0	35	1953	1
PINLHD	d1	10	0	35	1713	1
PINLHD	d2	41.5	0	35	3236	1
PINKAM	g1	75	9	35	8	0.7
PINKAM	g2	90	9	35	10	0.8
PINKAM	g3	100	5	35	13	0.9

Şekil 8 Yol düzelt penceresi

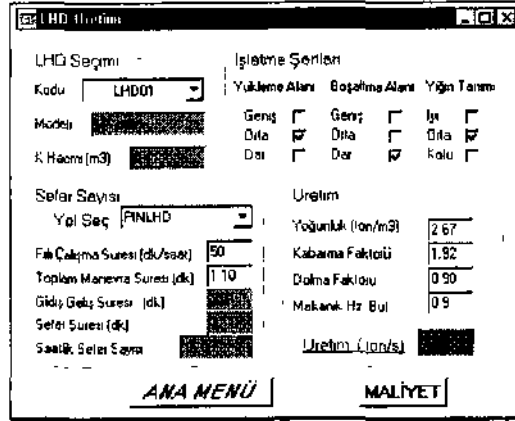
Bu menüde daha önce kullanıcı tarafından girilen yol parçalarında meydana gelebilecek yol ile ilgili değişiklikler yapılabilir. Fakat yol ismi ile yol parça adı değiştirilemez. Ayrıca pencerede herhangi bir değişiklik yapıldıktan sonra, yapılan değişikliğin geçerli olması için, değişikliğin yapıldığı satırın üstüne veya altına tıklamak gerekmektedir.

### c. Yükleyici üretim seçeneği

Şekil 9'da görüntüsü olan bu seçenek ile, daha önce kayıtlı girilen bir yükleyicinin, seçilen yol şartlarında ki üretim miktarı hesaplanabilir. Hesaplar için gerekli veriler, kullanıcı tarafından aşağıda verilen talimatlar doğrultusunda girilmelidir.

- Daha önce girilen veriler doğrultusunda LHD ve Yol seçimi yapılmalıdır
- *işletme Şartları* • Burada Yükleme, Boşaltma Alanı ve Yığın Tanımı yapılmalıdır

Yükleme ve Boşaltma alanı seçilen LHD'nin boylularının, çalışma alanı boyutlarına uygunluğu gözönüne alınarak belirlenir (*Makine boyutlarının çalışma havutlarına göre, sağ'dan, sol'dan ve l.'st'den 0.5 m daha küçük olması en ideal koşullardır*). Yığın tanımı yapılırken de kepçe genişliği baz alınmalıdır; parça boyutu, kepçe genişliğinin yarısından küçük olan malzeme oranı %80 ve daha yukarı ise "İYİ". %50 - 60 arası ise "ORTA". %50 ve aşağısı ise "KÖTÜ\*" denilebilir (Gül, 1998)



Şekil 9. LHD tirelim penceresi.

- **Filili Çalışma Süresi** : Çalışma ortamı ve şartlarına bağlı olarak: "KÖTÜ" = 45 dk/sa. "ORTA" = 50 dk/sa. "İYİ" = 55 dk/sa alınabilir.
- **Toplam Manevra Süresi** : Yol ve çalışma şartlarına bağlı olarak: "KÖTÜ"=1.4 dk/sefer. "ORTA"=1.1 dk/sefer. "İYİ"=0.855 dk/sefer alınabilir.
- **Kabarma Faktörü** : Yerinde malzeme hacminin, gevşetilmiş malzeme hacmine oranıdır (1.25-1.70 arasındadır)

Kahramanmaraş - Kahramanmaraş - Kahramanmaraş - Kahramanmaraş - Kahramanmaraş - Kahramanmaraş - Kahramanmaraş - Kahramanmaraş - Kahramanmaraş - Kahramanmaraş

- **Dalma Faktörü** : Kepçenin tam kapasitesinin ne oranda dolduğunun tespitidir. Yığın tanımına bağlı olarak program: "KÖTÜ"=0.5. "ORTA"=0.90. "İYİ"=1.0 kendisi alır veya bu faktörü kullanıcı kendisi girebilir.
- **Mekanik Hazır Bulunma** : Makinanın tamir-bakım'da geçen süreler dışında çalışma yerinde hazır bulunduğu süredir. Kullanıcı tarafından tahmini olarak alınabilir (0.8-0.95 arasında bir değerdir).

$$\text{Mekanik Hazır Bulunma} = \frac{\text{Makinanın Çalışma Süresi}}{\text{Mak. Çalış. Sü.} + \text{Tamir} + \text{Bakım Sü.}}$$

#### d. Yükleyici maliyet seçeneği

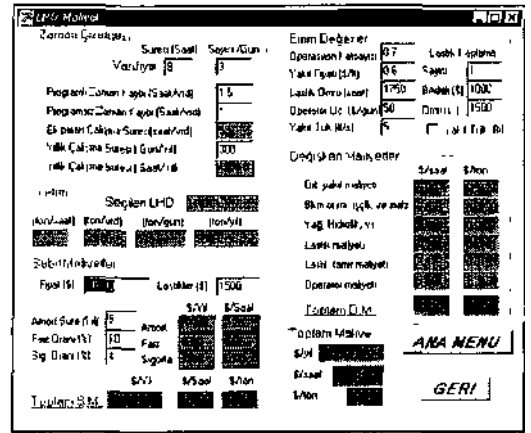
Bu seçenek seçildiği zaman Şekil 10'daki görüntü ekrana gelir. Bu ekran aracılığı ile üretimi hesaplanan yükleyicinin üretim maliyeti hesaplanır. Hesaplama için gerçekleştirilmesi için kullanıcı aşağıda verilen açıklamalar doğrultusunda, gerekli verileri programa girmelidir.

- Makinanın yıllık çalışma süresi Uhmını olarak ve >a üretim menüsünde çıkan sonuçlar gözönüne alınarak. Makinanın fiyatı ve lastik fiyatı alman bilgilere göre. Amortisman süresi. Faiz Oranı ve

Sigorta oranı. Yakıt fiyatı. Lastik kaplama fiyatı. Operatör ücreti piyasa koşullarına göre. vardiya sayısı ve süresi ise işletme şartlarına göre kullanıcı itirafından programa girilmelidir.

**Programlı zaman kaybı** : İşletme tarafından makina için öngörülen periyodik bakım - onarım süresidir.

**Programsız Zaman Kaybı** : Vardiya içerisinde nakliyyeyi aksatabilecek çeşitli aksaklık ve arızalar, iş dağılımı ve üretim yöntemi gibi nedenlerden kaynaklanabilecek zaman kaybıdır. Kullanıcı tarafından tahmini olarak alınabilir.



Şekil 10. LHD maliyet penceresi.

Bu programlı ve programsız zaman kaybı seçenekleri program kullanıcılarına makinaryı vardiya içerisinde hesaplanabildiği süreye göre maliyet oluşumunu göstermesi açısından önemlidir.

**Operasyon katsayısı** : Çalışma koşullarına bağlı makina motor güç kullanım faktörü olup. yakıt tüketim hesaplamasında kullanılır. 0.5 - 0.95 arasında bir değerdir, kullanıcı tarafından tahmini olarak alınabilir.

**Yakıt tüketimi** : Eğer işletmede mevcut bir ekipman için maliyet hesabı yapılıyor ve bu ekipmanında saatlik yakıt tüketimi biliniyorsa, bu değer maliyet penceresinde islenen yakıt tüketimi veri kutusuna girilerek, bu kutunun yanındaki (Yakıt tüketimi biliniyor) kutusu işaretlenmelidir. Ekipmanın yakıt tüketimi bilinmiyor ve bu değer program tarafından hesaplanmasını istiyorsanız bu kutu işaretlenmemelidir. Bu durumda sadece: yakıt fiyatı ve operasyon katsayısının girilmesi yeterlidir.



### 3.4 Kamyon Sektim

Ana menüde Kamyon Resmi'nin üzerine gidildiği zaman dört adet ali seçenek çıkar. Bu seçenekler;

- Kamyon ekle
- Yol
- Kamyon Üretimi
- Kamyon maliyeti

Bu seçeneklerin her biri aşağıda açıklanmıştır

#### a. Kamyon ekle seçeneği

Bu seçenek "Yükleyici Ekle" seçeneği ile aynıdır (Bölüm 3.3)

#### b. Yol Ek/Dz seçeneği

Bu seçenek yükleyicideki "Yol Ek/Dz Seçeneği" ile aynıdır (Bölüm 3.3).

#### c. Kamyon üretim seçeneği

Şekil 11 "de görüntüsü olan bu seçenek ile, daha önce teknik özellikler veri tabanına girilen bir kamyonun, seçilen yol şartlarında ki üretim miktarı hesaplanabilir. Hesaplar için gerekli veriler, kullanıcı tarafından aşağıda verilen talimatlar doğrultusunda girilmelidir.

- Fulü Çalışma Suresi** : Çalışma ortamı ve şartlarına bağlı olarak; "KÖTÜ" = 45 dk/sa. "ORTA" = 50 dk/sa. "İYİ" = 55 dk/sa alınabilir
- Yanışma Manevra Suresi** : 1-3 dakikadır
- Dolma Suresi** : LHD Üretim menüsünde hesaplama yapıldıysa o penceredeki sefer süresi alınabilir veya kullanılacak LI ID kepçe hacmi ve kamyonu doldurmak için gerekli kepçe sayısı dikkate alınmak kullanıcı tarafından hesaplanarak programa girilmelidir.
- Boşaltma Manevra Suresi** : Boşaltma alanının genişliğine bağlı olarak 0.15- 1 dakarasındadır
- Çalışma Suresi** : Vardiya içerisindeki programlı ve programsız zaman kayıpları dikkate alınarak kullanıcı tarafından girilmesi gereken tahmini bir değerdir
- İş Yeri Çalışma Hakkımı** : İşletme koşullarına bağlı verimlilik faktörüdür (0.7 -0.99 arasında değişir).
- Mekanik Hazır Bulunma** : Makinamın tamir-bakım'da geçen süreler dışında çalışma yerinde hazır bulunduğu süredir. Kullanıcı tarafından tahmini olarak alınabilir (0.8-0.95 arasında bir değerdir).
- Kamyon Dolma Faktörü** : Kamyonu yüklemek için gerekli kepçe hacmi ve sayısına ve doluluk oranına bağlıdır (0.8-1 arasında değişir).

Şekil 11 Kamyon üretim penceresi

#### d. Kamyon maliyet seçeneği

Bu seçenek seçildiği zaman Şekil 12'deki görüntü ekrana gelir. Daha önce üretimi hesaplanan kamyonun üretim maliyeti bu pencerede hesaplanır

Şekil 12 Kamyon maliyet penceresi

## 4 SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma kapsamında hazırlanan EKMAL programı ile Jumbo delici, LUD ve Yeraltı Kamyonlarının çalışma şartlarına bağlı üretimleri ve üretim maliyetleri hesaplanabilmektedir. Program kullanılarak ayın çalışma koşullarında farklı tip ve özelliklerdeki ekipmanların üretim miktarları ve maliyetleri hesaplanarak, kolaylıkla mukayese edilebilmektedir. So/ konusu hesaplamalar ve mukayeseler oldukça kısa bir sürede yapılabilmektedir

Bundan sonraki aşamalarında ise bu program daha da geliştirilerek, kısa vadede aşağıdaki fonksiyonlar eklenebilir

- Ekipmanların teknik seçimi
- Çalışma verileri kayıt edilerek, performans takibi
- Tamir-bakım kayıtları
- Ekipmanlar birbirleriyle ilişkilendirilerek toplam üretim maliyeti.

#### TEŞEKKÜR

Yazarlar, CÜ Bilimsel Araştırmalarına maddi destekleri nedeniyle teşekkür ederler.

#### KAYNAKLAR

Anonim. 1999. *Borland C++ Builder 4 Developer's Guide*. Inprise Corp. Ca.USA.

filevli. B. ve Gül. Y.. 2002. Mekansız Üretim Yöntemlerinde Kullanılan Ekipmanların İşletme Maliyeti Hesabı Modeli *CÜ Bilimsel Araştırma Projeleri*. M-124. Sivas.

Gül. Y.. 1998. *Bazı Yeraltı Ocaklarında Yükle-Taşı-Boşalı Makinalarının Performans Ölçümleri ve Değerlendirilmesi*. Yüksek Lisans Tezi, C.Ü., Maden Mühendisliği Bölümü, Sivas. İÜOs,

Saydam. D.. 19%. *Yeraltında Kullanılan Jimbo Deliciler. LİD'ler ve Yeraltı Kamyonları*. Y. Lisans Semineri. CÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü, Sivas. 87 s.

Kişisel Görüşmeler 1. Çayeli Bakır işletmesi. Rize

Kişisel Görüşmeler 2. Kavak Yeraltı Krom İşletmesi. Eskişehir.

Kişisel Görüşmeler 3. İnarbaşı-Pulupınar Yeraltı Krom İşletmesi. Kayseri.

Kişisel Görüşmeler 4. Demir Export Lahanos Cu-Pb İşletmesi. Giresun

## Bir Kireçtaşı Sahasının Sayısal Yöntemler ile Kalite Modellemesi

S. Yüksek, B. Erdem & F.Y. Açık

Cumhuriyet Üniversitesi. Maden Mühendisliği Bölümü. Sivas

**ÖZET:** Günümüz maden işletmeciliği anlayışında maden yatağının özellikle endüstriyel hammadde kaynağının tonajını belirlemekten çok hammaddenin kalite dağılımının belirlenmesi esastır. Bu işlemin klasik yaklaşımlar ile tamamlanması güçtür. Hammadde ve cevher gövdesinde bulunan empüritelere tanımlayan parametrelerin kısa mesafeler ve farklı doğrultular boyunca değişimlerinin sayısal olarak belirlenebilmesi ancak bilgisayar destekli yaklaşımlar kullanılarak yapılabilmektedir.

Bu çalışmada bir kireçtaşı sahasında yapılan sondajlardan elde edilen veriler kullanılmış ve hammadde kalite dağılımı, bilgisayar ortamında Üç boyutlu sayısal analizler yapılarak, belirlenmiştir. Bu amaca yönelik olarak sondaj verileri jeolojik ve istatistiksel açılarından değerlendirilmiştir. Daha sonra meşaleyle ters ağırlıklı metot (İd) ve kriging gibi interpolasyon teknikleri aracılığıyla, oluşturulan blok model içerisindeki 25 m\*25 m\*4 m boyutlarındaki bloklar ile 12.5 m\*12.5 m\*4 m boyutlarındaki alt-bloklara lenör ataması yapılmıştır. Kriging yöntemi için yapılan variogram analizlerinde, serbest kireç (CaO) için değişik variogram grafikleri çizilerek sondaj boyunca matematiksel variogram'ın madogram ve buna en uygun modelin periyodik model olduğu belirlenmiştir. Diğer yönlerde ise farklı matematiksel denklemler ve modellerin denenmesi sonucunda colleogram ve covariogram grafiklerine küresel veya üssel modelin uygun olduğu ortaya konulmuştur.

Oluşturulan topografya modeli dikkate alınarak, düşey ve yatay boyutla kalite dağılımları belirlenmiştir. Çapraz-doğrulama analizi ile de tahminlerin değerlendirilmesi yapılmıştır.

**ABSTRACT:** In current understanding of mining designation of quality distribution of raw material is essential rather than determining the total tonnage of a mineral deposit. Completion of this operation with traditional approach is difficult. Numerical description of changes in parameters, which define geomaterial and impurities in the ore body along short distances and different directions, can only be done via computer-aided approaches.

In this study data obtained from drilling works, which were done on a limestone field are utilized and quality distribution of raw material is determined by conducting three-dimensional numerical analyses on the computer. Towards this aim, drilling data were evaluated in geological and statistical views. Then, via interpolation techniques like inverse distance weighing and kriging, grades were assigned to blocks of 25 mx25 mx4 in and sub-blocks of 12.5 mx12.5 mx4 m dimensions within the block model. Variogram analyses were conducted for Kriging. Various variogram types were experimented for free lime (CaO) and graphs drawn. The most appropriate mathematical variogram along drill holes was concluded as madogram and the most appropriate model for madogram being periodical model. After conducting anisotropic studies with various mathematical models on different directions colleogram and covariogram graphs were best fitted with spherical or power models.

### I GİRİŞ

Bir maden yatağının değerlendirilmesinde en önemli işlemlerden birisi veya birincisi arama veya sondaj verilerinin doğru, hassas ve güvenilir şekilde analiz edilerek rezervinin belirlenmesidir. Gerçekte rezerv

miktarından çok, tenor veya kalite dağılımının yüksek güvenilirlik ile bilinmesi önem taşımaktadır. Bir projenin başlangıcında yapılacak hataların büyük ekonomik kayıplara yol açacağı açıktır.

Bilgisayar teknolojisinin ve programlarının gelişmesi maden projesinin değerlendirilmesinde çoğunlukla avantaj ve faydalar sağlanmasının

yanında genellikle, paket program kullanımında bir çok hatalara dönüşülmektedir. Bu durum daha çok kullanıcının bilgi eksikliğinden ve program algoritmasını veya milliliğini yanlış anlamasından kaynaklanmaktadır.

Yapılan çoğu blok model çalışmalarında genellikle metalik cevher modelleri ön plana çıkmaktadır. Bununla birlikte son yıllarda endüstriyel hammaddelerin kalite dağılımının bilgisayar destekli olarak değerlendirilmesi yaygın hale gelmiştir.

Çimento sektörünün en önemli hammaddelerinden kireçtaşı içerisindeki CaO değerinin iki boyut (2D) yerine üç boyutta (3D) dağılımının interpolasyon teknikleriyle değerlendirilmesi kaçınılmaz olmuştur. Bu tekniklerden istatistiksel ve jeostatistiksel metotlar maden yatağının mineralizasyonundaki değişiklikleri göz önüne alan kalite tahmini ve/veya hesaplaması ile ilgili belirsizlikleri sayısallaştırmakta daha yaygın olarak kullanılmaktadır (Rendu ve Malhieson 1992).

Bu çalışmada bir çimento fabrikasının kireçtaşı sahasında yapılmış olan araştırma sondajları bilgisayar ortamında üç boyutlu olarak değerlendirilmiştir. Öncelikle kalite dağılımının doğru ve güvenilir olarak yapılabilmesi için, maden yatağı jeolojik açıdan incelenmiş, mevcut mineralizasyonun doğası ile sürekliliğini ortaya koymak için istatistiksel değerlendirmeler yapılmıştır. Bu bilgiler ışığında mesafeye ters ağırlıklı metot ile 4 m yüksekliğindeki bloklara CaO tenor atamaları yapılmıştır. Yine istatistiksel verilerden faydalanarak sondajlar boyunca ve istem yönlerinde değişik variogram tipleri ve modelleri ile analizler yapılmıştır. Daha sonra kriging tekniği kullanılarak 25m\*25m\*4 m boyutlarındaki blokların CaO değerleri hesaplanmıştır.

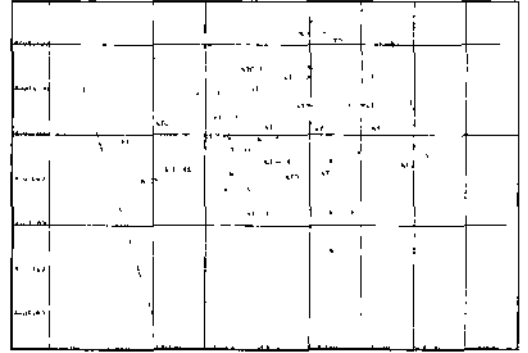
## 2 JEOLOJİK VE İSTATİSTİKSEL DEĞERLENDİRME

Çalışma sahası Sivas il merkezinin 10 km batısında yer almaktadır. Bölgede daha önce yapılmış olan jeolojik çalışmalar (Özer 1988, Özdemir 1992) sahadaki kireçtaşı oluşumlarının kalınlığı 135 m ile 165 m arasında değişen travertenler olduğunu göstermektedir. Özdemir (1992) kayaçların, bej renkli ve gözenekli olduğunu, gözeneklerin yer yer ikincil kalsit ve aragonit ile dolduğunu, tabakalı yapının görülmesine rağmen masif kütlelerin yer yer kalınlaşıp incelendiğini, X-Ray incelemesinde ise hakim mineralin kalsit olduğunu belirtmektedir.

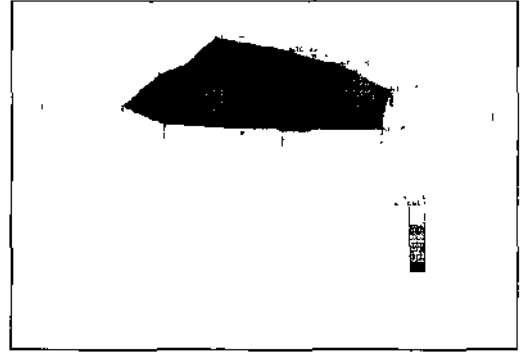
### 2.1 istatistiksel değerlendirme

Kalite dağılımını belirlemek amacıyla çalışma sahasında 1999-2000 yılları arasında 41 adet

araştırma ve geliştirme sondajı yapılmıştır. Derinlikleri 15 m (en kısa) ile 60,5 m (en uzun) arasında değişen sondajlar sık olup, çoğunlukla faaliyetler başladıktan sonra yapıldıklarından, giriş kolları 1531 m ile 1353 m arasında değişmektedir ve düzensiz bir dağılıma sahip bulunmaktadır. Bu nedenle bu çalışmada sahanın belirli bir bölgesinde yoğunlaşan ve görece düzenli bir dizilime sahip olan 31 adet sondajın değerlendirilmesi yapılmıştır (Şekil 1 ve Şekil 2).



Şekil 1. Sondaj lokasyonları ve blok model sınırları



Şekil 2 Topografya ve blok model sınırları

Sondaj verileri bilgisayar ortamında bir tablolarlama programında düzenlenmiş ve maden tasarım paket programında kullanılmak üzere aktarılmıştır. Veri dosyası; sondaj koordinatları, metraj bazında kimyasal analiz değerleri, hammadde kalite değişkenleri (%CaO, %C?S, vb.) ile empürile değişkenlerini (%Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, %AUO<sub>3</sub>, %MgO, %SiO<sub>2</sub>) kapsamaktadır.

Geleneksel istatistiksel metotlar verilerin mevcut maden yatağının özelliklerini eşit olarak temsil ettiği kabulüne dayanmakta ve örneklerin birbirlerine görece fiziksel pozisyonları göz önüne alınmamaktadır. Bu nedenle istatistiksel yöntemler,

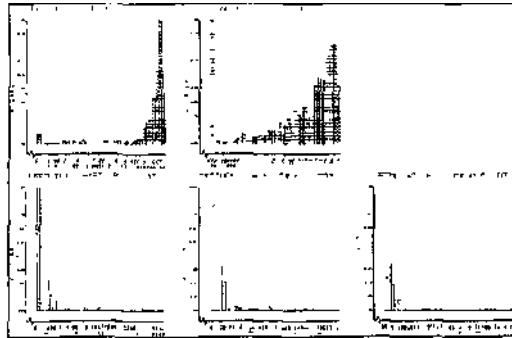
maden yatağının değerlendirilmesinde ön bilgi vermelerinin jam sıra kriging hesap l amal annin da temelini oluşturmaktadır (Clark 2002)

Sahadaki sondajların genel doğrultusu N75°L'dir. Bu nedenle blok mode) doğrultusu bu yönde seçilmiştir. Sondaj analiz değerlerine ait istatistiksel sonuçlar Çizelge l 'de verilmiştir.

Çizelge l. Sondaj analiz sonuçları istatistikleri

Veri	CaO	C,S	SiO*	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Örnek sayısı	656	656	656	656	656
Ortalama	48.6	2.81	5.84	1.58	0.69
Varyans	151.7(1)	1.51	101.56	6.63	2.06
Standart sapma	1232	1.23	10.08	2.58	1.44
Varianst	0.25	0.44	1.71	1.6*	2.18
Ortalama	11.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Kıy	56.57	4.04	56.64	15.42	8.37
Aralık	56.57	4.04	56.64	15.42	8.37
Çam	-0.11	-0.05	0.12	0.13	0.14
K	10.08	3.51	12.12	13.3	14.95

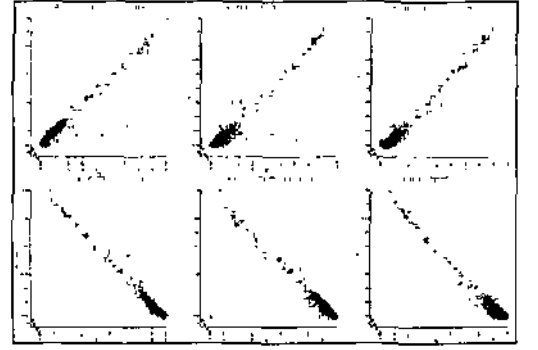
Tüm analiz sonuçlarına ait frekans dağılımları Şekil 3'de görülmektedir. CaO ve OS değerleri yüksek değerlerde yoğunlaşmış ve sola çarpık bir dağılım göstermektedir. Buna karşın diğer değerler düşük değerlerde yoğunlaşarak sağa çarpık bir dağılım göstermektedir. CaO için 4. m'lik kompozit değerlerin dağılımı da benzer şekilde sola çarpık bir dağılımdır. CaO - Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO - Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ve CaO - SiO<sub>2</sub> arasında negatif bir korelasyon olduğu belirlenmiştir. Buna karşın CaO dışındaki parametrelerin birbirleri arasında pozitif bir korelasyon olduğu görülmektedir (Şekil 4).



Şekil 3 Analiz değerlerinin frekans dağılım grafikleri

Grafiklerden de görüleceği üzere CaO değerleri logaritmik bir dağılım gösterdiği için normal dağılım teorisinin uygulanması sorunlara neden olmaktadır.

Bu tür dağılımlar ilk olarak Atvika'daki altın yataklarının değerlendirilmesinde oluşturulmuştur (Sicfiel 1952). Daha sonra lognormal dağılımlar Krige (1960) ve Rendu (1981) tarafından tanımlanmıştır. Krige (1960) lognormal dağılımlarda sahil bir değer ekleyerek dağılıma "üç parametrelili lognormal dağılım" adını vermiştir. Bu parametreler; ortaklık, logaritmik varyans ve additive constant'dır. Bu sabit, kümülatif frekans dağılım grafiğinden deneme yanılma yöntemi ile belirlenmektedir (Rendu ve Mahieson 1992).



Şekil 4 Analiz değerlerinin korelasyon grafikleri

### 3 TOPOGRAFIK MODEL VE BLOK MODEL

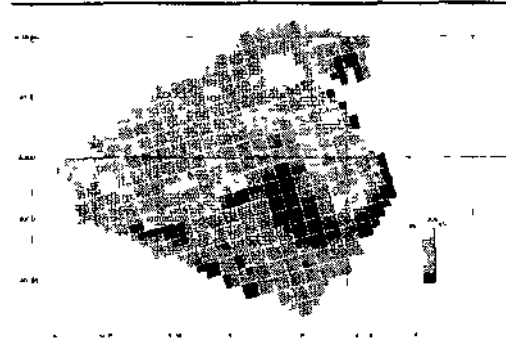
Çalışma sahasındaki sondajların tümünü kapsayacak şekilde sol alt köşe noktası: x:584000, y:4405300 ve z:1300 koordinatları arasında 600 m, 550 m ve 176 m boyutlarında büyük bir blok oluşturulmuştur. Bu bloğun içerisinde 25 m, 25 m ve 4 m olan küçük bloklar ile x: 12,5 m, y: 12,5 m ve z: 4 m boyutlarında altı-bloklar teşkil edilmiştir. Sahanın sondajlar yapıldığı sıradaki topografyasına ait veri edinilemediğinden sondaj ağız koordinatları kullanılmış ve arazi rölyefi, tasarım paket programının üçgenleme tekniği aracılığıyla modellenmiştir (Bkz. Şekil 2). Böylece, büyük blok içerisinde bulunan ancak topografyanın üzerinde kalan boş bloklara değer atanması engellenmiştir.

#### 3.1 İd Metodu ile Blokla-a Değer Atılması

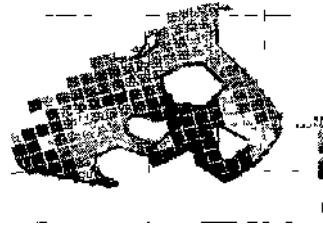
Mesafeyle ters ağırlıklı yöntem (İd), ara değer yöntemlerinden en yaygın olanıdır. Bu metot, herhangi bir bloğa etrafında bulunan ve değeri bilinen sondajların mesafelerinin tersi (n=1, 2, 3) bir fonksiyonu şeklinde belirtilen ağırlıkları arasında kalkan ile değer alınmasına esasına dayanmaktadır (Crawford ve Hustrulid 1989).

Bu çalışmada yalnızca CaO'e ait kompozit değerleri kullanılarak değişik id parametreleri programa girilerek bloklar ve alt-blokların değerleri hesaplanmıştır Şekil 5'le tenor değerleri İd tekniği ile hesaplanan tüm blokların plan düzlemindeki görüntüsü verilmiştir. Topografya ile 1444 basamağındaki bloklar ise Şekil 6'da sunulmuştur. Kat bazında rezerv hesabına bir örnek olarak. 1344 basamağında oluşturulan poligon içerisindeki bloklar Şekil 7'de verilmiştir. Bu basamakta yerinde rezerv. %52-%54 CaO aralığında 90000 ton ve %54-%58 CaO aralığında 850000 ton olarak hesaplanmıştır. Bu hesaplama en alt basamaktan en üst kota kadar 4 metre aralıklarla kolaylıkla program aracılığıyla belirlenmektedir. Böylece her basamak için kalite-tonaj dağılımları bilinebilmektedir. Benzer hesaplamalar kesit düzlemi için de yapılabilmektedir.

Tasarım paket programda İd parametreleri değiştirilerek çok sayıda deneme yapılmış, çapraz doğrulama ile de tahmin değerlerinin doğruluğu incelenmiştir



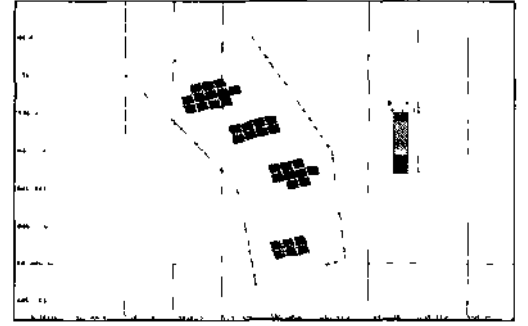
Şekil 5 Tenorları İtI metodu ile hesaplanan tüm bloklar



Şekil 6 1444 katında tenor atanmış bloklar ve poligonun görüntüsü

### 3.2 Variogram Analizleri

Jeostatistik için temel öğelerinden olan variogram analizlerinin hatalı olarak yapılması kriging işlemlerinden de beklenmedik sonuçların elde edilmesine yol açmaktadır.



Şekil 7 Poligonla sınırlanmış 1344 katı bloklar

Kireçtaşı sahasındaki sondajlardan elde edilen örnek çiftleri arasındaki uzaysal ilişki, aşağıda listelenen variogram denklemleri kullanılarak araştırılmıştır:

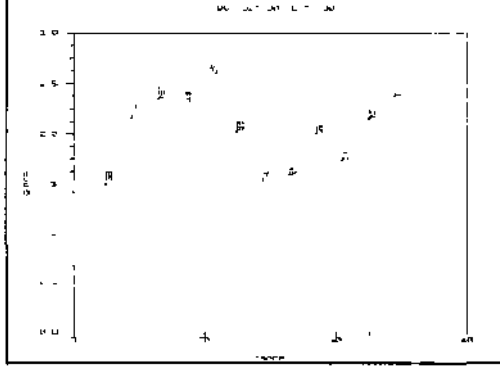
- General relative semivariogram
- Pairwise relative semivariogram
- Semivariogram
- Cross-semivariogram
- Covariance
- Correlogram
- Rodogram
- Madogram
- Semivariogramot logarithms.
- Indicator semi variogram

Her variogram için değişik {küresel, üssel, Gaussian, lineer, deWijisian, periodic) modeller uydurulmuş ve bu modeller için en uygun parametreler belirlenmiştir. Şekil 8'de bu variogramlardan sondaj boyunca hesaplanan deneysel variogramlardan madogram grafiği görülmektedir.

Sondaj boyunca yapılan madogram grafiğinden, periyodik modelin en uygun model olduğu görülmektedir. Burada, 20 m ile 45 m arasında değişen mesafelerde varyans değerlerinin yüksek, 30 m mesafede düşük olduğu belirlenmiştir. Bu durum sahadaki kireçtaşının iki veya üç değişik şekilde tabakalandığına işaret etmektedir. Diğer bir deyişle derinlik boyunca (Z boyutunda) mineralleşme, tabakalar içinde süreklilik göstermektedir.

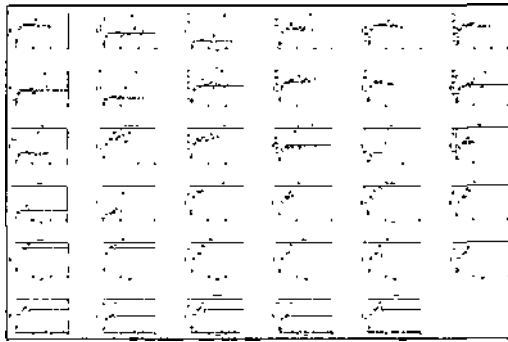
Benzer şekilde plan düzleminde (0°-180°) 15° ve düşey doğrultularda da 15° aralıklarla çizilen değişik

covariogram ve correlogram grafikleri analiz edilmiştir (Şekil 9, Şekil Iff ve Şekil II).

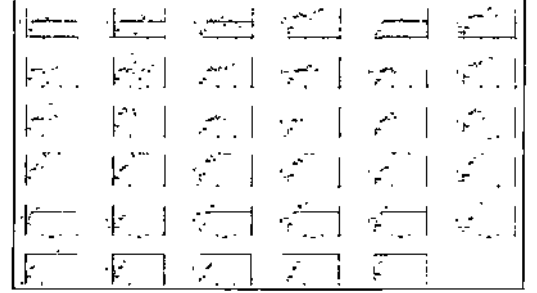


Şekil 8. Sondaj boyunca çizilen madogram grafiği

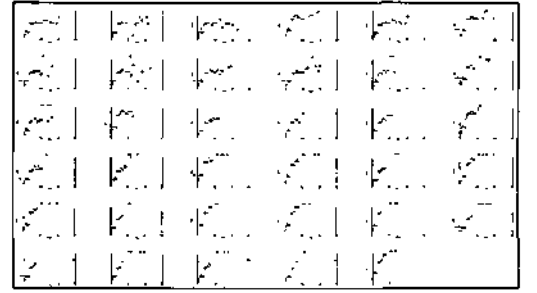
Belirtilen grafiklerde değişik doğrultu ve dalımdaki covariogram ve correlogram parametrelerinin ( $r$ ,  $e$  ve  $c_{..}$ ) birbirinden farklı olduğu görülmüştür. Genelde tüm yönlerdeki sözkonusu variogramlara uydurulan küresel veya üssel modellerin uygun olduğu görülmüştür. Bunlardan  $90^\circ$  doğrultudaki  $0^\circ$  ve  $0^\circ$  doğrultudaki  $-30^\circ$  dalımdaki covariogram grafikleri sırasıyla Şekil 12 ve Şekil 13'de verilmiştir. Benzer şekilde  $0^\circ$  ve  $180^\circ$  doğrultusunda  $0^\circ$  ve  $-90^\circ$  dalımdaki correlogram grafikleri Şekil 14 ve Şekil 15'te görülmektedir. Yapılan analizlere göre mineralleşme yatay yönde bir süreklilik göstermekte olup ana eksen etki yarıçapı 50 m ile 200 m arasında değişmektedir. Değişik yönlerdeki variogram değerleri kullanılarak izovariogram grafiği çizilmiştir. Buna göre kriging için kullanılacak elipsoidin yarıçapları belirlenmiştir.



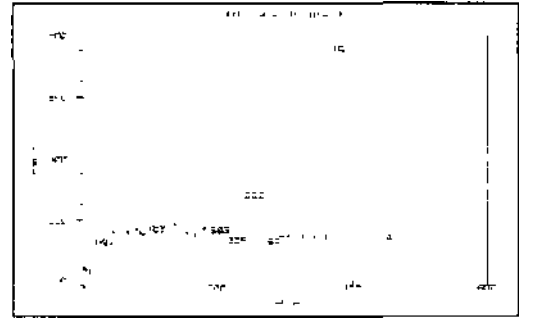
Şekil 9 Üç boyutta çizilmiş covariogram-küresel grafikleri



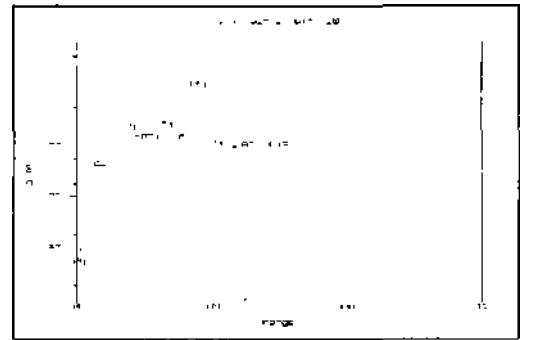
Şekil 10. Üç boyutta çizilmiş covariogram-küresel grafikleri



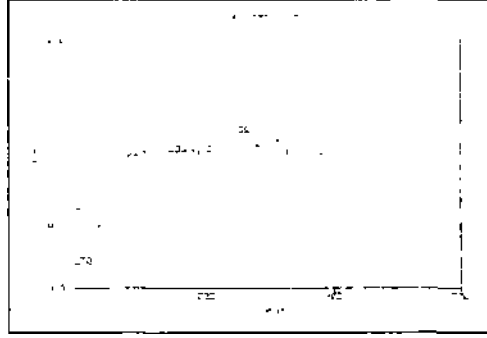
Şekil 11 Üç boyutta çizilmiş correlogram-üssel grafikleri



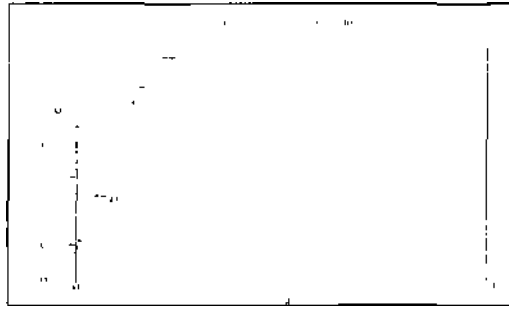
Şekil 12 Azimut  $90^\circ$  dalım  $0^\circ$  yönündeki covariogram



Şekil 13 Azimut  $1^\circ$  dalım  $-30^\circ$  yönündeki covariogram



Şekil 14 Azımlı 0° dalm 0° yönündeki correlogram



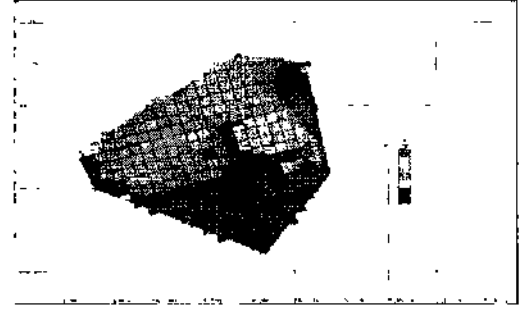
Şekil 15 IS A/ümü 180° dalm -90° yönündeki ti irre log ram

### 3.3 Kriging Tekniği Kullanılarak Bloklara Tenor Atanması

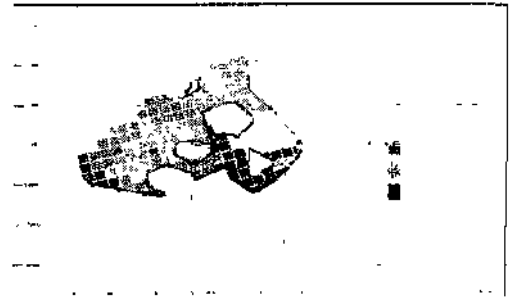
Daha Önce belirlenmiş olan variogram parametreleri kullanılarak kriging metoduyla mevcut blok modeldeki blok ve alt-blokların tenor değerleri hesaplanmıştır. Aşağıda örnek olarak jeostatistik tekniği ile hesaplanmış tüm bloklar ve 1444 katına ait bloklar topografya ile birlikte görülmektedir (Şekil 16 ve Şekil 17). Yine bu metotta programın çapraz doğrulama opsiyonu kullanılarak atanan tenor değerleri kontrol edilmiştir. Buna göre blokların çoğunluğu  $\pm 3$  arasında değişen aralıkta hata ile tahmin edilmiştir. Topografik model dikkate alındığı için, zemin üzerindeki (havada asılı bulunan) sanal bloklara değer atanması yapılmamıştır.

## 4 SONUÇLAR

Bu çalışmada, Sivas ili merkezi yakınlarında bulunan bir kireçtaşı sahasının hammadde kalite dağılımını belirlemek amacıyla bilgisayar ortamında üç boyutlu sayısal analizi yapılmıştır.



Şekil 16 Kriging yöntemi ile hesaplanmış bloklar



Şekil 17 Kriging yöntemi ile 1444 katımla tenor atanmış bloklar

Yapılan istatistiksel incelemelerde CaO değerinin sola basık/çarpık,  $F_{CaO}$ ,  $At;0$ , ve  $SiO_2$  değerlerinin sağa çarpık bir dağılım gösterdiği belirlenmiş ve hesaplamalarda bu durum dikkate alınmıştır. Diğer istatistiksel analizlerde hammadde (CaO) ile empürüteler ( $SiO_2$ ,  $Fe_2O_3$  ve  $Al_2O_3$ ) arasında negatif korelasyon bulunduğu sonucuna varılmıştır. Ancak empürüteler, kendi aralarında pozitif bir korelasyona sahip bulunmaktadır.

CaO için değişik variogram grafikleri çizilerek en uygun matematiksel variogramın sondaj boyunca madogram ve buna periyodik modelin uygun olduğu diğer yönlerde ise farklı matematiksel denklemlerin ve modellerin denenmesi sonucu en uygun variogram ve correlogram grafiklerine küresel veya üssel modelin uygun olduğu ortaya konmuştur. Variogramlardaki an. düşey yönde iki ve üç değişik labakalanmanın var olabileceği, periyodik modelden anlaşılmıştır. Üç boyutlu variogram analizlerinden etki mesafesinin 50 m ile 200 m arasında olduğu saptanmıştır.

İd ve kriging interpolasyon teknikleri kullanılarak oluşturulan blok modeldeki blok ve alt-blokların CaO tenor değerleri atanmıştır. Hesaplanmış bloklar yatay ve düşey izdüşüm düzlemlerinde izlenebildiği gibi, her iki düzlemde de kalite aralıklarına bağlı tonaj miktarları ve toplam blokların tonajı



hesaplanmıştır. Modelle oluşturulan bloğun alt kotlarında kireçtaşı kütesinin jeolojik yorumunda belirtilen (yer yer kalınlaşıp incelmeyle) oluşuma uygun şekilde dışa doğru oluştuğu, yukarı kotlarda tüm sahaya uylan bir kubbe şeklinde olduğu görülmüştür.

Çalışmanın bir parçasını oluşturan sayısal modelleme ile sahadaki CaO için kalite dağılımı belirlenmiştir. Benzer şekilde sahadaki C<sub>2</sub>S, SiO<sub>2</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ve Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> değerlerinin dağılımları sayısal olarak modellenilecek durumdadır. Elde edilen bu model işletme tasarımları için kullanılabilir hale getirilmiştir.

#### KAYNAKLAR

Cl.ık. I. 20(12. Zeri) u> krtghu.; Kurs Notlan.

- Crawford, J.T., Hillier, W.A., 1979. *Open Pit Mine Planning and Design*, AIME.
- Kiigt., D.G., 1960, On the Departure of Ore Value Distribution from the Lognormal Model in South African Gold Mines. *Journal of the South African Institute of Mining and Metallurgy*, Vol. 62, 345-164.
- Özdenin, M., 1992. *Sivas Çimento Fabrikası Hammaddeleri Üçakları ve Çevresinin Stratigrafisi*. Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sivas.
- Özer, B., 1999. *Hayranlı-Çelebi (Sivas) Yöresi Neolitik Tortularının Stratigrafik ve Sedimentasyonel Özellikleri*. Yüksek Lisans Tezi. Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sivas.
- Rendu, J.M. ve Matheron, G., 1992. *Statistical and Geostatistical Methods. Surveys in Mining*; Ed E.P V
- Rendu, J.M., 1981. An Introduction to Geostatistical Methods of Mineral Evaluation. *Smithsonian Contributions to Mineralogy*, Vol. 261-288.



## Yaşam Boyu Araç Destek Yönetimi - Artan Bir Eğilim

L.B. Paterson

*P&H Mine Pro Services, Milwaukee, Wisconsin, USA*

Maden endüstrisinde ana yer kazı makinası yapımcılarının sundukları Yaşam Boyu Araç Destek Yönetimi programlarını yeğleme yönünde çoğalan bir akım bulunmaktadır. Bu kavram, basil "Yedek Parça Sağlama Sözleşmeleri" ve "Tam Araç Bakımı Sözleşmeleri" kavramlarının gelişiminden doğmuştur: bu sözleşmelere, yedek parça, işçilik, makina kullanılabilirliği ve başarı garantilerinin eklenmesi: bütün bunların karşılığında maden işletmesince makina üreticisine aracın çalışma saati başına ya da yapılan kazı miktarı birimi başına belirli bir ödeme yapılmasıdır. Bu kavram geleneksel "alıcı-satıcı" ilişkisinin ötesine geçer: üretimin en düşük maliyetle yapılması ortak amacına ulaşmak için her iki tarafın da üstün çabasını gerektiren riskin paylaşıldığı bir ortaklık anlayışının gelişip yükselmesi sağlanır. Bir çok ülkedeki Özelleştirme yönelimleri Yaşam Boyu Araç Destek Yönetimi kavramının yaşama geçirilmesi için çok uygun bir ortam oluşturmaktadır. Özelleştirme işletmelere "küresel oyuncu" olma gereğini birlikte getirmektedir. Bu bildiri artan Yaşam Boyu Araç Destek Yönetimi programları akımının bir özetini sunmakta ve böyle ilişkilerin doğduğu en göze çarpan karşılıklı yararları değinmektedir.

Yaşam Boyu Araç Destek Yönetimi programlarının tarihçesi biraz eskiye gitmektedir, ancak bunlar bugünkü bildiğimiz biçimde değildir. Bildiri, geçmişte maden endüstrisi ve makina yapımcısı şirketlerin maden makinalarının aracın yaşamı boyu yönetimi konusunda işe yarar ve uygulanabilir çözüm arayışları konusunda atılan adımları özetleyerek başlamaktadır. Araç üreticisi makina ve yedek parça üretim ve sağlama işinden tamamen değişik bir alana maden işletmesinde üretilen cevherin birim maliyetinin denetimini sağlama işine bir bakıma ortak olarak girmiştir.

Başlangıç olarak maden işletmesine ait risk ve ilişkili maliyetler tartışılır, araç satıcısı tarafından teklif edilen garantiler, araç kullanılabilirliği ve kullanım oranı gibi önemli noktalar görüşülür. Personelin en uygun kullanımı, tüm Dünyada kullanılmakla olan bakım uygulamalarına tılaşılabilirlik Yaşam Boyu Araç Destek Yönelimi programının başarısının dayanağını oluşturur. Yedeklerin satın alınması, sözleşme yapılan makina yapımcısı tarafından sağlanır: bu, özgün yedek parçaları ve araç yapımcısı dışında üretilenleri de kapsar. Makinanın orijinal yapımcısı bütün bunları sağlayabilme yeteneğindedir. ve her tür yedek sağlama bu sözleşmenin içine katılmalıdır. Başarı için gerekli ve tartışılması gereken diğer bir etkileyici öge ise altyapının durumu ve bununla ilgili maliyetlerdir.

Bundan sonra görüşmelerde sıra Yaşam Boyu Araç Destek Yönetimi programı sağlayıcısı ile ilişkili konulara gelir: bu programın sağlayıcısı, çoğunlukta orijinal araç yapımcısıdır. Bu programın orijinal araç yapımcısına ve onun müşteri tabanına sağladığı açık yararlar vardır: bunlar genişletilebilir. Yapım süreleri, stoklama ve kontrol maliyetleri öngörülere gibi dönüşçül konuların hepsi görüşülür. Gerek orijinal araç üreticisi ve gerekse maden işletmesi açısından makina ve ana bileşenlerinin veri tabanları önemli olup özel önem verilmelidir.

Son olarak Yaşam Boyu Araç Destek Yönetimi programı sözleşmesinin gerçekleştirilmesi için aşılması gereken güçlü engeller görüşülür: bunlar, zamanlama, sözleşme ve programın var olan İşletmeye nasıl uydurulacağı, gereksiz işçi ve personel fazlalığı ile nasıl başa çıkılacağı tartışılacak konulardan sadece bazılarıdır. Özellikle çalışmakta olan madenlerde bu programların gerçekleştirilmesinde sınırlar vardır, bunlar tartışılır.

## Web'e Dayalı Bilgi Yönetim Sistemlerinin Mineral Endüstrisine Uygulanması

A.S.Atkins

*School of Computing, Staffordshire University, Beaconside, Stafford, United Kingdom*

N.I. Aziz & E.Y.Baafi

*Faculty of Engineering, University of Wollongong, Wollongong, Australia*

Bilgi sistemleri büyük şirketlere, onların sahip olduğu bilgi birikimlerinde kullanılmasıyla, büyük faydalar sağlamıştır. Veriler ve bilgi sistemleri, birleştirilerek herhangi bir firmanın rekabet koşullarında avantajlı bir duruma gelmesi için kullanılabilir. Elektronik bilgi sistemlerinin kullanılması, deneyimlerin paylaşılması, globalizm, teknolojiye hızlı değişimlerin takip edilmesi ve bilginin yönetiminin daha iyi yapılması gibi konularda birçok avantaj sağlar. Bu bildiri, web'e dayalı yöntemlerin kullanılarak, bilgi yönetim sistemlerinin ve modellerinin- şirketlerin bilgi kaynaktan haline gelmesini sağlamak için yapılmış bir çalışmadır. MultiMedya kullanılarak oluşturulan bu birikimlerin mineral endüstrisinde uygulanması örnek olarak ele alınmıştır.

## SLO - Üretim Ayak Sınırlarının Optimizasyonunda Kullanılan Bir Uygulama Programı

M. Ataee-pour

*Department of Mining, Metallurgical and Petroleum Engineering, Amirkabir University of Technology, Tehran, Iran*

E.Y. Baatı

*Faculty of Engineering, University of Wollongong, Wollongong, Australia*

""Maximum Value Neighborhood {Maksimum Değer Komşuluğu}" (MVN) algoritması, üretim ayağı geometrisini optimize etmek için geliştirilmiş en son algoritmadır. Bu algoritma, maksimum net değeri garanti eden bir bloğun en İyi komşuluğunun yerini bulan 3 boyutlu ekonomik blok modelini kullanır. Komşulukar. geometri kısıllamalarıyla sınırlandırılmıştır. MVN algoritmasını kullanmak için bir Fortran 90 programı olan "Slope Limit Optimizer (Üretim Ayağı Limiti Optimize Edicisi)" (SLO) tabir edilen bir uygulama programı geliştirilmiştir. SLO. kendi algoritmasının Fortran 90 kodu ile "Winteracter" kullanıcı arabirimi özelliklerini birleştirmektedir. Böylelikle model özelliklerini, üretim ayağı kısıtlamalarını ve madenin ekonomik faktörlerini tanımlamak ve sonuçları 2 boyutlu plan/kesit olarak görüntülemek amacıyla "Windows" tabanlı interaktif bir ortam sağlanmıştır. Optimum üretim ayağı blokları "1" değeri işaretlenir ve veriler herhangi başka bir uygulamaya aktarılacak şekilde bir dosyaya aktarılır. Eğer blok üretim ayağına dahil edilecekse "1" değeri, aksi takdirde "0" değerini alır. Kullanıcı SLO ortamında iken "Notepad" programı aracılığı ile işaretleri görüntüleyebilir.

## Yapay Sınır Ağlarının Metan Drenaj Kuyularının Testlerinde Elde Edilen Basınç Ölçümlerinin Analizinde Kullanılması

X.Dong & T.Ertekin

*Penn State University, University Park, Pennsylvania, USA*

Bu bildiri kömür yataklarından metan üretmek için açılan metan drenaj kuyularında yapılan basınç ölçme testlerinde toplanan verilerin değerlendirilmesine ilişkin yöntemlere olan gereksinimin önemi irdelenmiştir. Kuyu testlerinden elde edilen veriler kömür yataklarının karakteri zasyonuna yönelik bilgileri içermektedir. Genel uygulamada, bu tür testlerin nitelendirme çalışmaları kapsamına giren parametreler, sondaj operasyonu esnasında toplanan örnekler üzerinde yapılan laboratuvar ölçmeleri sonucu elde edilmektedir. Toplanan örneklerin saha ölçeklerine oranla çok küçük olması, laboratuvar testleri sürecinde örneklerin orijinal saha koşulları altında tutulmaması gibi nedenlerden ötürü petrol mühendisliği rezervuar karakterizasyon belirlemesi uygulamalarında kullanılan kuyu testleri yöntemleri yardımı ile bu değerlendirmelerin rezervuar koşullarında yapılması öngörülmüştür. Yapay sınır ağları yardımı ile kuyu testleri sürecinde toplanan verilerin analizine yönelik protokoller geliştirilmiş ve bu protokollerin geçerliliği ve duyarlılığı giderek daha karmaşık koşulları içeren kömür yataklarında test edilmiştir.

## Analitik-İmitasyon Sistemi İle Açık Ocaktaki Hazırlık ve Yükleme Trafığının Planlanması

D.Bıkeikhanov & U.Dzharlkaganov & B.Bekmurzayev

*RSE Complex Processing of Mineral Materials National Center of the Republic of Kazakhstan, Almaty, Republic of Kazakhstan*

M.Zhanasov

*NOVA-Trading & Commerce AG, Almaty, The Republic of Kazakhstan*

Bu bildirinin temel amacı, herhangi bir açık ocakta madencilik aktivitelerinin ekonomik, matematiksel ve benzeşim modelleriyle planlanmasıdır. Yapılan model teknik kararları vermede çok yardımcı olacaktır. Önerilen metodoloji Kazakistan Cumhuriyeti açık ocak madenlerinin planlanmasında kullanılmış ve değerlendirilmiştir. Madencilik ekonomik boyutunun İsenilen düzeyde olması, kalite planlaması ve madencilik faaliyetlerinin düzenli bir şekilde yapılmasıyla yakından ilgilidir. Bu tip bir planlama yapabilmek için toplam cevher miktarı, her yıl çıkarılacak örtü miktarı, başlangıçta belirlenmelidir. Kazı, yükleme ve nakliye işlemleri detaylı bir şekilde tasarlanmalıdır. Derin açık ocaklarda, cevher ve örtünün her basamakta farklı araçlar kullanılarak çıkarılması ve bunların organize edilmesi, ciddi bir şekilde incelenmelidir. Bu problemin halledilmesi için, bu çalışma çeşitli değişkenler kullanılarak madenin planlanması ve bu planın benzeşim yöntemi) le tam olarak herbir madencilik aktivitesi için değerlendirilmesini kapsamaktadır.

## Bir Madenin Zemin Kontrol Yönetim Planı: Ovacık Altın Madeni Örneği

K.S. Koldaş

*Behau Ltd, Ankam, Tıckıyc*

Kazaları azaltmak, tehlikeleri elimine etmek ve üretkenliği artırmak için işçilerin görevlerini güvenli ve sağlıklı bir biçimde yerine getirebilecekleri en iyi uygulama dokümanını derlemek gereklidir Zemin Kontrol Yönetimi Planı (Ground Control Management Plan - GCMP), Türkiye'deki Ovacık Altın Madeni'ndeki kaya kütle kontrol sisteminin gereksinimlerini tanımlamak için taslak olarak hazırlanmıştır. GCMP. zemin çökmeleri ile savaşmak ve daha güvenli yeraltı ve açık ocak ortamları sağlamak amacıyla madenin stratejik planının bir parçası olarak ele alınmıştır. Bu çalışmanın başlıca amacı, kaya ilişkili muhtemel tehlikelerin zararlı etkileri ile bunların oranını düşürme amaçlı stratejilerin formüle edilmesinde yönetime yardım sağlamaktır Bu bildiri, olağan kaya ile ilişkili risklerde Normandy Madencilik A.Ş. - Ovacık Altın Madeni'nde ne tür yaklaşım metodlarının adapte edilebileceğini kısaca açıklamaktadır.



## Kuru Gaz Enjeksiyonu ve Yeraltı Gaz Depolaması

I.Jüttner & B.Kavedziju & I. Knižac

*Üepu umut of Peiroieum Engineering, Ftuctifiv of Mining, Geology and Petroleum Engineering, University of Zagreb, Croatia*

Herhangi bir petrol üretim sahasındaki rezerv bitliğinde, burada gaz enjeksiyon işleminin yapılması ek miktarda petrol üretimine olanak sağlayacağı gibi, yeraltında gaz depolanması işleminde de kullanılabilir. Buralarda doğal gazın depolanması, aynı zamanda, bir miktar petrolün çıkarılması ve kazanılmasına da yardımcı olacaktır. Çözünebilir şartlar altında, gaz enfeksiyon işleminin yapılması ile çıkarılan petrol buğulaştırılmış petrol içermektedir. Bu işlem karmaşık olduğu kadar, çıkarılan hidrokarbonun petrol ile etkileşiminde içermektedir. Bu çalışmada hem gaz enjeksiyonu, hem de yeraltında gaz depolanması işlemleri incelenmiştir. Geleceğin petrol sahalarının işletiminde bu iki yöntemde önemli bir rol oynayacaktır.

## Açık Ocağın Maden Planlama ve Programlamasının Optimizasyonu

I.K. Kapageridis

Maptek/KRJA Systems Ltd., United Kingdom

Eksiksiz bir maden planlama çözümü çoğunlukla değişik "uzman" paketlerinin bütünleşmesini gerektirir. Her bir paketin bir sisteme neler getirdiğini ve bunların herbirinin maden planlama ve programlama işleminde birbirleriyle nasıl etkileştiğini anlamak gerekir. Tek başına kaldığında her bir paket son çözüm için yetersiz kalabilir. Fakat, bir strateji kullanılarak birleştirildiğinde, paketler güçlü bir maden planlama ve programlama sistemi oluştururlar. Maden mühendisinin optimize edilmiş olan bir maden planına ulaşabilmesi için "model" olarak adım adım izlenecek bir prosedür sunulmuştur. Maden planlama ve programlamasında üç adım vardır:

1. Kavramsal Dizayn ve Programlama: Blok model hazırlanması, değişken girdi/çıkış, maden ocağı optimizasyonu, maden dizaynı, programlama ve canlandırma bu bölüme dahildir.
2. Kavramsal Dizaynı Optimize Etme ve Programlama: Değişkenler aracılığı ile maden ocağı dizaynının Genel Maden Planlama (GMP) programına geri geçirilmesi, blok modellerini bu değişkenlere karşı rezervleme, bir programlama defteri oluşturulması, ve optimizasyon sistemi kullanılarak programlamanın yapılması bu adımda bulunmaktadır. Sonuçlar Genel Maden Planlama programına aktarılır.
3. Genel Maden Planlama Programı'nda En Son Maden Ocağı Dizaynı Ve Programlama Sisteminde En Son Program Optimizasyonu: Bu, modeldeki en detaylı ve zaman alıcı basamaktır. Bu kısım, tüm önceki sonuçların kullanımını içerir. Bu sonuçlar: (i) GMP programında en son maden ocağı dizaynını oluşturmak, (ii) programlama defterine aktarmak, (iii) optimize etme ve programlama ve (iv) GMP programında görsellik elde etmek amacıyla kullanılır.

Bir çok değişik program, seçilen kavramsal maden ocağı dizaynında kullanılabilir. Bu, kullanıcıya değişik programlama seçenekleri üzerinde yoğunlaşma imkanı sağlar. Değişik programların uygulanması o kadar hızlı olabilmektedir ki kullanıcı sonuçları elde etmek için bir çok seçeneği programda çalıştırabilir. Bu bildiride sunulan optimizasyon işlemi, mümkün olan tüm program bedellerini elde edebilecek kapasitededir.

## Maden İşletmelerinin Bilgi Modellerinin Tasarımı

S.A. Kaliyev & D.A. Akhmetov

*Complex Processing of Minemi Raw Muteriah National Center of l he Republic of Kazakhstan, Almaty, the Republic of Kazakhstan*

Ayrı sitemlerin (madenler) simülasyon yöntemleri üzerinde yapılan incelemeler göstermektedir ki. elde edilen sonuçlar teorik bilgimizi genişletmekle ve dizyn yapmada faydalı olmaktadır. Fakat, bunlar bir bütün olarak sistemlerin davranışları hakkında lam olarak bir anlayış sağlamamaktadır.

Bu bağlamda, belirli sistemlerin sîstem-enformasyon incelemelerini yapmak gerekmektedir. Bu sistemler inemli bir yapı olarak bir madenin havalandırma sisteminin modelinin yaratılmasına izin verecek şekilde olmalıdır. Bunun için maden havalandırmasının bilgisayar destekli modellerine (CAM. CMV) yardımcı olacak bilgiyi yaratmak gerekir. CAM, CMV sistemleri maden üretimi ile ilgili konuların bilgilerinin alındığı daha yüksek seviyedeki sistemlerin alt sistemleridir. Bunun içindir ki. maden dizyn sistemlerinin dizaynının ilk basamağında bilgi simülasyonunun kaliteli olarak taşınmasına özen göstermek gerekmektedir.

## Maden Endüstrisinde Sistem Dinamiği Uygulamaları

A.Aİpagut & N.Çelebi

*Ötici Doęu Teknik Üniversitesi, Meiden Mühendisliği Bölümü Ankara, Türkiye*

Sistem dinamiği, karmaşık sistemlerin bilgi-geri besleme özelliklerini yansıtmak amacıyla kullanılan bir yöntem araştırması ) önlemidir. Yöntem, sistemin değişkenleri arasındaki nedensel ilişkileri belirler ve bu ilişkilerin sistemin bütünsel davranışına etkilerini irdeler. Sistemin bu şekilde temsili, sistemin anlaşılmasını ve değişik politikaların belirlenip denenmesini sağlar. Bu bakımdan, yöntem, karmaşık sistemlerinin derece, döngü tekrarı ve doğrusal olmama gibi. sistemin dinamik davranışına yol açan özelliklerini yansıtmayı ve modellerle açıklaması ile geleneksel yön-eytem araştırması yöntemlerinden avrılır. Yöntem, işletme, çevre ve endüstri politikaları araştırmalarından tubba, enerji politikaları araştırmalarında ve mühendislik gibi pek çok alanda uygulanmaktadır. Bu bildiri, sistem dinamiği yönteminin maden endüstrisindeki uygulamalarını incelemektedir.

## **Yeraltı Madencilik Metodu Seçimi İçin Bir Karar Destek Sistemi**

**M. Yavuz & Ş. Alpay**

*Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir, Türkiye*

Yeraltı madencilik metodu seçimi, proje masraflarını etkileyen önemli bir planlama evresidir. Bu evrede, maden metodu seçimine ilişkin çoklu kriterlerle uğraşmak gereklidir. Proje yöneticileri, bu çoklu kriterler ortamında doğru kararlara ulaşmakla bazı zorluklar yaşarlar. Bu bildiri, yeraltı madencilik metodu seçimi için tüm problem kriterlerini bilimsel bir tabanda hesaba katan, belirlenen kriterle ilgili senaryoların tüm etkilerini araştıran ve gerekli tüm hassas analizleri uygulayan bir karar destek sistemi dizayn edilmiştir. Kabul edilebilir bir çözüm üretmek için, çoklu kriter karar verme metodlarından biri olan analitik hiyerarşi yöntemi (Analytic Hierarchy Process) kullanılarak alternatifler sağlanmıştır.

