

## Afşin-Elbistan A (Kışlaköy) Açık İşletmesinde Optimum Ocak Sınırlarının Belirlenmesi

S. Ural & A. Dağ

Çukurova Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Adana, Türkiye

M. Güneş

EÜAŞ, AEL İşletme Müdürlüğü, Kahramanmaraş, Türkiye

E. Yayla

Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, Türkiye

**ÖZET:** Bu çalışmada, 1981 yılından bu yana madencilik çalışmaları sürdürülen Kışlaköy açık işletmesinin optimum ocak sınırları, güncelleştirilmiş teknik ve ekonomik veriler kullanılarak belirlenmiş ve elde edilen sonuçlar halen uygulanmakta olan ocak sınırları ile karşılaştırılmıştır. Ayrıca sahanın Koridor ve D Sektörü olarak adlandırılan kısımlarında üretim faaliyetlerine devam edilmesi durumunda, olası kömür satış fiyatları için optimum ocak sınırları da araştırılmıştır. Optimum açık işletme sınırlarının bulunması için pozitif hareketli koni tekniği kullanılmıştır. İstatistikî ve jeostatistikî analizlerde, yalıtım modelleme işlemlerinde ve nihai ocak sınırlarının belirlenmesinde bilgisayar yazılımlarından yararlanılmıştır.

**ABSTRACT:** In this study, ultimate open pit limit of Kışlaköy mining field that has been under operation since 1981 estimated according to the actual technical and economical parameters. The change in the ultimate open pit limits due to the fluctuations in coal prices is also investigated taking into account of the geological data setting of Corridor and D Sectors. The ultimate pit limits are generated by Positive Moving Cone technique. Statistical and geostatistical analyses, ore body modeling, and ultimate pit limit estimation are carried out by using computer programs.

### 1 GİRİŞ

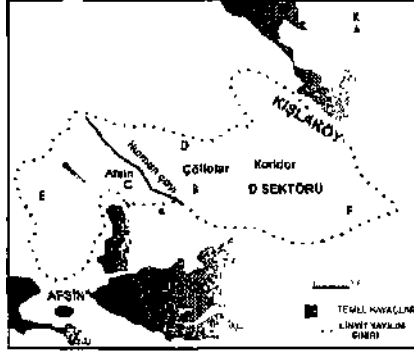
Maden yataklarının işletilmesi *uzun yıllar* alan ve büyük yatırımlar gerektiren bir süreci kapsar. Bu nedenle işletme kararını vermeden önce, operasyonu karlı kılabilecek olan optimum nihai açık ocak sınırlarının belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. Günümüzde açık işletme planlamalarında ve fizibilite çalışmalarında, bilgisayar ortamında oluşturulan modellerden yaygın olarak yararlanılmaktadır. Böylece, ocak genel eğim açısı, cevher satış fiyatı, sınır tenor ve benzeri birçok teknik ve ekonomik parametrenin açık işletme planlamasını ve nihai sınırlarını nasıl etkileyebileceği konusunda kısa sürede sonuç elde edilebilmektedir.

Nihai açık işletme sınırlarının belirlenmesinde değişik optimizasyon teknikleri geliştirilmiştir (Lerchs & Grossman 1965, Korobov 1974, Koenigsberg 1982, Ünal & Yalçın 1989, Yalçın 1991, Dowd & Onur 1993). Optimum açık ocak nihai sınırının belirlenebilmesine yönelik olarak hazırlanmış olan bilgisayar yazılımları ise genellikle iki grupta incelenmektedir. Birinci grupta, matematiksel olarak doğruluğu kanıtlanmış yöntemler yer alırken,

ikinci grupta sonuca daha çabuk ulaşabilen, fakat optimum sonuçtan fedakârlık edebilen yöntemler bulunmaktadır (Onur 1995). Birinci gruptaki en yaygın olarak kullanılan yöntem Lerchs & Grossman (1965) tarafından geliştirilmiş olan ve graf teorisine dayanan uygulamadır. Dinamik programlama, lineer programlama ve şebeke akışları yöntemleri de bu grup altında incelenmektedir. İkinci grupta ise hareketli koni, parametrik analiz ve Korobov algoritması sayılabilir. Bu gruptaki yöntemlerin en önemli özellikleri istenilen şev açıları ile çalışabilmeleri ve algoritma mantıklarının çok kolay olmasıdır.

Ülkemiz linyit yatakları içinde en büyük potansiyele sahip Afşin-Elbistan Linyit Havzası düşük ısı değerine rağmen önemli enerji hammaddesi kaynaklarındandır. Kahramanmaraş ilinin Afşin ve Elbistan ilçeleri sınırları içerisinde yer alan havzada toplam 3,392 milyar ton linyit bulunmaktadır (Otto 1969). 344 MW gücünde 16 adet termik santral ünitesinin yakıt ihtiyacını karşılayabilecek kapasiteye sahip olan havzada halen 4 x 344 MW gücündeki Afşin-Elbistan (A) termik santrali 1984 yılından bu yana faaliyet göstermektedir. Afşin-Elbistan (B) termik santralinde ise deneme çalışmalarına başlanılmış o-

lup her iki santralin yakıt ihtiyacı da havzanın kuzey doğusunda yer alan Kışiaköy Açık İşletmesinden sağlanmaktadır (Şekil 1).



Şekil 1 Afşin-Elbistan havzasındaki sektörler

Bu çalışmada, 1981 yılından bu yana örtü-kazı ve üretim çalışmaları sürdürülen ve 2004 yılı sonu itibarı ile toplam 207,7 milyon ton linyit kömürü üretimi gerçekleştirilen Kışiaköy açık işletmesinin optimum ocak sınırları, güncelleştirilmiş teknik ve ekonomik veriler kullanılarak, yeniden incelenmiştir. Ayrıca, sahanın Koridor ve D Sektörü olarak adlandırılan kısımlarında üretim faaliyetlerine devam edilmesi durumunda, farklı kömür satış fiyatları için optimum ocak sınırlarının durumu ile Örtü-kazı oranı, elektrik satış fiyatı gibi planlamaya ilişkin diğer parametrelerde ne gibi değişiklikler olabileceği araştırılmıştır.

## 2 MATERYAL VE YÖNTEM

Açık ocak nihai sınırının belirlenmesi için hazırlanmış olan yöntemler, inceleme yapılacak sahanın bloklara ayrılması esasına dayanmaktadır. Uygun blok boyutları seçildikten sonra jeostatistik yöntemler ile bu bloklara, sondajlardan elde edilen veriler kullanılarak tenor, ısı değer, nem, kül vb. teknik parametreler atanır. Bu teknik değerler yardımıyla da blokların ekonomik değerlendirmeleri yapılır. Sınır tenorun altında bir tenöre sahip olan bloklara kazı maliyetleri negatif olarak, sınır tenorun üstünde kalan bloklara ise, içerdikleri cevherin kalitesine ve kazılabilirliğine bağlı olarak kar değeri pozitif olarak atanır. Optimum açık ocak sınırını belirlemek üzere hazırlanmış olan yöntemlerin amacı, üç boyutlu olarak ekonomik değerleri verilmiş olan bloklar içerisinden hangi blokların kazanılması ile maksimum kar elde edilebileceğinin belirlenmesidir. Maksimum

kar kavramı, ocak içerisindeki bloklardan birinin veya bir grubun kaldırılması ile oluşacak yeni ocağın karı, bir önceki blok grubunun kaldırılması ile elde edilebilecek kardan daha büyük olması, şeklinde açıklanabilir (Onur 1995).

Bu çalışmada Hustrulid & Kuchta (1995) tarafından geliştirilmiş olan ve 3 boyutlu pozitif hareketli koni algoritmasını esas alan bir yazılım kullanılmıştır. Araştırmacılar pozitif hareketli koni tekniğini, uygulamasının kolay olması ve farklı seçeneklerin denenmesine olanak sağlaması gibi özellikleri nedeniyle yaygın olarak kullanılmaktadırlar (Yıldız 1991, Yalçın & Saydam 1995, Onur 1995).

Sahada 1962-1967 yılları arasında MTA Genel Müdürlüğü tarafından gerçekleştirilen 255 adet karollu sondaja ait kuyu bilgileri kullanılmıştır. Bu sondajlardaki karot verimi %92 ile %96 arasında değişmektedir ve ortalaması %94'tür. Kuyu koordinatları, kömüre giriş ve çıkış kotları, ısı değer/kül içeriği değeri, kuyunun toplam derinliği gibi kuyu bilgilerini içeren veri dosyası oluşturulmuştur. Sahanın topografyası da yazılıma ayrı bir dosya olarak tanımlandıktan sonra, kriging yöntemi ile bloklara değerleri atanarak sahanın blok modeli oluşturulmuştur. Daha sonra yoğunluk, Örtü-kazı ve kömür üretim maliyetleri, her bir bloğun, üretim maliyeti ve parasal değeri dikkate alınarak, sahanın ekonomik modeli üretilmiştir. Son olarak yazılıma olası nihai şevlerin değişik yönlerdeki genel eğim açıları girilerek hareketli koni yöntemi ile optimum ocak sınırları elde edilmiştir.

İnceleme sahasındaki linyitler Ahmetçik formasyonu içerisinde yer almaktadır (Cicioğlu 2001). Linyit tabakasının kalınlığı 40 m ile 80 m arasında değişmekte olup genellikle yatay yödedir. Linyit tabakasının üzerinde ortalama kalınlığı 40 m olan killi linyitli/linyit izli ve bol gastropoda fosil kavkısı içeren gıda tabakası yer almaktadır. Linyit ve gıda ardalaşmasından oluşan seviyenin üzerinde yaklaşık 20-30 m kalınlığında mavi renkli kil seviyesi yer almaktadır. Mavi kil tabakasının üstünde sarı renkli, kum ve çakıl taşlı seviyelerde İçeren marn tabakası bulunur. Yüzeyle marn tabakası arasında ise, kahverengi renkli, üst seviyelerini bitkisel toprağın oluşturduğu çakıltaşı, kum, silt, kumulaşı, kireçtaşı ve kilden oluşan bir alüvyon tabakası bulunmaktadır. Alüvyonlar içerisinde yer yer ince banlar halinde çakıltaşı, kireçtaşı, kumtaşı ve tatlı su kalkerinden oluşan sert bir istif yer almaktadır. Bu sert tabakaları toplam örtü hacmi içerisindeki oranı %2,5 olmasına rağmen, işletmede kullanılan döner kepçeli kazıcılarla bu sert tabakaların kazılması mümkün olmadığı için, işletmede delme-patlatma çalışmaları da yapılmaktadır (Ural & Onur, 1994). Ayrıca gıda tabakasının basınçlı bir akifer özelliği göstermesi ve

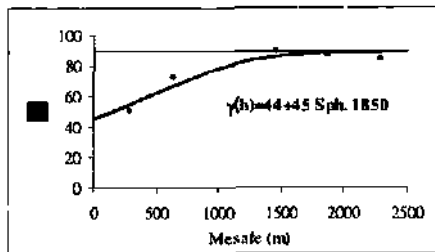
permeabilitesinin çok düşük olması nedeniyle drenaj çalışmaları da maden işletmeciliği ve üretim planlaması açısından büyük önem taşımaktadır.

### 3 ARAŞTIRMA BULGULARI

Araştırma bölgesi, Kışlaköy açık işletme sahası ile birlikte Koridor ve D sektörünü de kapsayacak şekilde seçilmiştir (Şekil 3). Saha 150m X 150m X 50m olacak şekilde bloklara ayrılmıştır. Blok boyutları, inceleme bölgesinin boyutlarının büyüklüğü göz önüne alındığında bilgisayar yazılımının kapasitesine göre optimum seçilmeye çalışılmıştır. Kömür kalitesine ilişkin parametre olarak kömürün ısı değeri ile kül içeriği arasındaki oran kullanılmıştır (Ural 1999). Sondaj verilerine ilişkin kompozit veri dosyası hazırlandıktan sonra sahanın blok modelini oluştururken kullanılacak olan variogramları elde etmek üzere, yine aynı paket içerisinde yer alan "VarIOc" adlı yazılım kullanılmıştır. Kompozit veri dosyasına ilişkin istatistik bilgileri Çizelge 1'de ve ısı değeri/kül parametresine ilişkin variogramı İse Şekil 2'de görülmektedir. Modelde üretilebilir olarak kabul edilebilecek en düşük ısı değeri/kül oranı 25'tir.

Çizelge 1. Veri dosyasına ilişkin kısa istatistik özeli

	Isıl Değer (Kcal/kR)	Kül oranı (% Kuru bazda)	Isıl değer/Kül oranı (Kcal / %)
Ortalama	1177	36,8	32,1
En küçük	847	22,3	19,6
En büyük	1670	50,0	65,2
Aralık	793	27,7	45,6
5 id. sapma	102	3,3	9,9
Varians	10404	10,9	98,0



Şekil 2. Isıl değer / kül oranı parametresine ilişkin variogram

Blok krigmg yöntemi ile 150 m X 150 m X 50 m boyutlarındaki bloklara ısı değeri/kül oranı değerleri atanarak sahanın blok modeli oluşturulmuştur. Sahada optimum açık ocak sınırlarını belirlemek üzere, her bir bloğun üretim ve kazı maliyetleri ile parasal değeri karşılaştırılarak, ekonomik model oluşturul-

muştur. İşletme projesinde kömürün yerinde yoğunluğu 1,25 t/m<sup>3</sup> olarak alınmasına rağmen, 1984-2005 yılları arasında gerçekleşen üretim verileri, 'ne göre bu rakam 1,40 t/m olarak gerçekleşmiştir. Bu 'edenle seçenekler her iki yoğunluk değerine göre de değerlendirilmiştir. Nihai şev genel eğim açıları, işletmede halen uygulanmakta olan eğimler dikkate alınarak, 18,5° olarak alınmıştır.

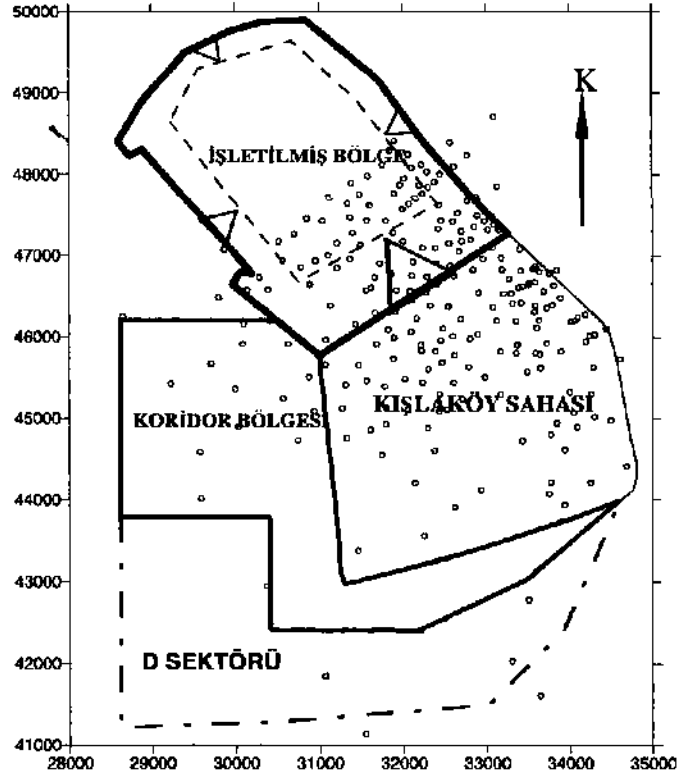
İlk aşamada, halen uygulanan mevcut proje değerleri ve ocak sınırları değerlendirilmiştir. İşletme projesine göre Kışlaköy sahasında toplam 466.030.000 m<sup>3</sup> Üretilen linyit bulunmaktadır ve 01.01.2005 tarihi itibarı ile bu miktarın 147.400.000 m<sup>3</sup>'ü üretilmiştir. Kışlaköy sahasında henüz işletmeye alınmamış olan bölgede fiili işletme parametreleri dikkate alınarak kurulan modele göre, linyit satış fiyatı 6,85 YTL ve yoğunluğu 1,4 t/m<sup>3</sup> kabul ederek, optimum ocak sınırlarında önemli bir değişiklik olmamıştır (Çizelge 2).

Daha sonra kömür satış fiyatının aşamalı olarak artırılması durumunda optimum ocak sınırlarının önce Koridor bölgesini ve daha sonra da D sektörünü içine aldığı görülmüştür (Şekil 3).

### 4 SONUÇLAR

Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

- Teknik ve ekonomik parametrelerin işletmede gerçekleşen fiili değerleri dikkate alınarak hazırlanan birinci seçenekte üretilebilecek kömür miktarının, yoğunluğunun değişmesi nedeniyle, %12 oranında arttığı görülmüştür. Örtü kazı oranı ise 2,26 m<sup>3</sup>/ton değerine İnmıştır.
- Kömür satış fiyatının 8,41 YTL/ton ve yoğunluğunun 1,4 ton/m<sup>3</sup> olarak alındığı ikinci seçenekte, optimum ocak sınırları koridor bölgesini içine alacak şekilde genişlemiş ve üretilebilecek kömür miktarı %67 oranında artmıştır. Ancak örtü-kazı oranı da %10 oranında artarak 2,26 m<sup>3</sup>/ton değerinden 2,49 nrVton'a yükselmiştir. Tahmini elektrik üretim maliyeti ise %8 artmıştır.
- Kömür satış fiyatının 14,77 YTL/ton ve yoğunluğunun 1,4 ton/m<sup>3</sup> olarak alındığı seçenekte ise, optimum ocak sınırları D Sektörünün de bir kısmını içine alarak üretilebilecek kömür miktarı, ikinci seçeneğe göre, %37 oranında artmıştır. Örtü-kazı oranı da %13 oranında artarak 2,49 m<sup>3</sup>/ton değerinden 2,8! nrVton'a yükselmiştir. Tahmini elektrik üretim maliyeti ise %30 artmıştır.



Şekil 3. Farklı kömür satış fiyatlarına göre Kışlaköy açık işletmesinin olası ocak sınırları

Çizelge 2. Farklı seçeneklere göre üretilebilecek linyit ve örtü kazı miktarları

	MEVCUT OCAK SINIRLARI		KORİDOR BÖLGESİ DAHİL		KORİDOR+ D SEKTÖRÜ DAHİL	
	*PROJE DEĞERLERİ	**FİİLİ DEĞERLER	*PROJE DEĞERLERİ	* FİİLİ DEĞERLER	*PROJE DEĞERLERİ	**FİİLİ DEĞERLER
Linyit yoğunluğu (ton/m <sup>3</sup> )	1,25	1,40	1,25	1,40	1,25	1,40
Üretim miktar (m <sup>3</sup> )	118.600.000	318.600.000	532.000.000	532.000.000	731.000.000	731.000.000
Üretim miktar (ton)	8.250.000	446.040.000	665.000.000	744.800.000	913.750.000	1.023.400.000
Örtü-kazı miktar (m <sup>3</sup> )	1.008.000.000	1.008.000.000	1.850.625.000	1.850.625.000	2.871.225.000	2.871.225.000
Örtü-kazı oranı (m <sup>3</sup> /ton)	2,53	2,26	2,78	2,49	3,14	2,81
Linyit satış fiyatı (YTL/ton)	7,07	6,85	9,13	8,41	16,20	14,77
Elektrik üretim maliyeti (Ykr\$/kWh)	4,44	4,38	4,82	4,73	6,45	6,14

\*Bu seçenek fizibilite projesinde öngörülen rakamlara n'ire değerlendirilmiştir.

\*\* Bu seçenek fiili olarak gerçekleşen rakamlara göre değerlendirilmiştir

## TEŞEKKÜR

Bu çatışma için maddi destek sağlayan Çukurova Üniversitesi, Bilimsel Araştırma projelen Destekleme Fonu' na (MMF2003YL51) ve teknik destek sağlayan EÜAŞ, AEL İşletme Müdürlüğü yetkililerine teşekkür ederiz.

## KAYNAKLAR

- Cicioğlu, E., 2001; Çöüolar Kışlaköy (Afşin- Elbistan) linyitlerinin jeokimyasal özelliklerinin incelenmesi. *Doktora Tezi. Hacettepe Üniversitesi, Ankara.*
- Dowd. P.A., Onur, A.H.. 1993; Open pit optimization-part I: optimal open pit design, *Trans. IMM., Section A*, 102, A95-104.
- Hustrulid. W., Kuchla. M., 1995; Open pit mine planning and design. *Volume 2- CSMine software package*, Rotterdam, A.A. Balkema.
- Koenigsberg, E., 1982; The optimum contours of an open pit mine: Application of dynamic programming, *17th APCOM. Soc. Min. Eng., AIME*, April 19-22, pp, 274-287,
- Korobov, S., 1974; The influence of parameters of a block model upon the optimal open pit limits. *12th APCOM*, Colorado School of Mines, Colorado.
- Lerchs, H., Grossman, I.F., 1965; Optimum design of open pit mines, *CIM Bulletin*. 58:47-54.
- Onur, A.H., 1995; Açık işletmelerde nihai sınır tesbitinde yeni bir yöntem: Düzeltilmiş Korobov algoritması, *Türkiye 14. Madencilik Kongresi*, 269-275.
- Otto, G., 1969; Afşin-Elbistan lignite deposit feasibility report, *Dr. Ing. Otto Gold GmbH Consulting Engineers*, Köln, Germany.
- Ural, S., Onur, A.H., 1994; Determination of quaternary strata diggability with bucket wheel excavators. *Mine planning and equipment selection*, Istanbul, A.A. Balkema. 495-499.
- Ural. S., 1999; Afşin-Elbistan linyitlerinin sınıflandırılarak termik santralin performansı üzerindeki etkilerin araştırılması. *Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen bilimleri Enstitüsü, Adana.*
- Ünal, A., Yalçın, E., 1989; Açık ocak nihai sınırlarının bilgisayar destekli tasarımı ve Ban Kef krom yatağına uygulanması, *T. Matten. Bil. ve Teknik II. Kong.*, 1-19.
- Yalçın, E.. 1991; Açık işletme dizaynı için üç boyutlu dinamik programlama tekniği. *Madencilik*, 30, 2,21-27.
- Yalçın, E., Saydam, S., 1995; Optimum nihai açık işletme sınırlarını bulan optimizasyon tekniklerinin karşılaştırılması, *Türkiye 14. Madencilik Kongresi*. 263-268.
- Yıldız, N., 1991; Uygun açık işletme sınırının belirlenme yöntemleri. *Madencilik*. 30, 1,5-12.

