

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Feyyaz CANKAYA

**AFŞİN – ELBİSTAN (B) AÇIK İŞLETMESİNDE OPTİMUM OCAK
SINIRLARININ BELİRLENMESİ**

MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ADANA, 2005

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**AFŞİN – ELBİSTAN (B) AÇIK İŞLETMESİNDE OPTİMUM OCAK
SINIRLARININ BELİRLENMESİ**

Feyyaz CANKAYA

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**Bu tez 26/11/2005 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından
oybirliği/oyçokluğu ile kabul edilmiştir.**

İmza:.....

Prof. Dr. Mesut ANIL
JÜRİ BAŞKANI

İmza:.....

Doç. Dr. Suphi URAL
DANIŞMAN

İmza:.....

Yrd. Doç. Dr. Ahmet DAĞ
ÜYE

İmza:.....

Yrd. Doç. Dr. A. Mahmut KILIÇ
ÜYE

İmza:.....

Yrd. Doç. Dr. Mustafa AKYILDIZ
ÜYE

Bu tez Enstitümüz Maden Mühendisliği Anabilim Dalında hazırlanmıştır.

Kod No:

**Prof. Dr. Aziz ERTUNÇ
Enstitü Müdürü
İmza ve Mühür**

**Bu çalışma Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi
tarafından desteklenmiştir.**

Proje No: MMF.2003.YL.12

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların
kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZ
YÜKSEK LİSANS TEZİ

**AFŞİN – ELBİSTAN (B) AÇIK İŞLETMESİNDE OPTİMUM OCAK
SINIRLARININ BELİRLENMESİ**

Feyyaz CANKAYA

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Danışman : Doç. Dr. Suphi URAL

Yıl : 2005, Sayfa:48

Jüri: Prof. Dr. Mesut ANIL

:Doç. Dr. Suphi URAL

:Yrd. Doç. Dr. Ahmet DAĞ

:Yrd. Doç. Dr. A. Mahmut KILIÇ

:Yrd. Doç. Dr. Mustafa AKYILDIZ

Yüksek lisans tezi olarak hazırlanan bu çalışmanın amacı, gelecek dönemlerde işletmeye alınması planlanan Afşin-Elbistan (B) Çöllolar sektörünün optimum ocak sınırları, güncel teknik ve ekonomik veriler kullanılarak belirlenmiştir.

MTA Genel Müdürlüğü tarafından gerçekleştirilen 156 adet karotlu sondaja ait bilgiler kullanılarak kuyu koordinatları, kömüre giriş ve çıkış kotları, ısı değer/kül içeriği değeri, kuyunun toplam derinliği gibi bilgileri içeren bir veri dosyası oluşturulmuştur. Bu veri dosyasına 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 pozitif hareketli koni yöntemi ile optimum ocak sınırları elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Nihai ocak sınırı, Hareketli koni, Afşin-Elbistan Havzası, Optimizasyon, Açık işletme

ABSTRACT

MSc THESIS

DETERMINING AN ULTIMATE PIT LIMIT IN AFSIN-ELBISTAN (B) OPENCAST MINING FIELD

Feyyaz CANKAYA

DEPARTMENT OF MINING ENGINEERING
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
UNIVERSITY OF ÇUKUROVA

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Suphi URAL

Year : 2005, Pages:48

Jury : Prof. Dr. Mesut ANIL

: Assoc. Prof. Dr. Suphi URAL

: Asist. Prof. Dr. Ahmet DAĞ

: Asist. Prof. Dr. A. Mahmut KILIÇ

: Asist. Prof. Dr. Mustafa AKYILDIZ

In this MSc study, using the modern technical and economical data, the optimum pit limits of Afşin-Elbistan (B) Çöllolar sector, is stated.

Using the data regarding 156 drilling core which is carried out by general management of MTA, a data file is formed containing bore hole coordinates, input and output height of coal, thermal value/ash content value, total depth of hole etc. A block model is obtained by assigning the data of blocks by kriging method with using this data file. After this, density, stripping ratio, coal production costs, the production cost of each block and taking into account the financial value of these blocks, an economical model of field is produced. Finally, possible ultimate slopes of general slope angles that are on different directions are introduced software and optimum pit limit is obtained by moving cone method.

Key Words : Ultimate pit limit, Moving cone, Afsin-Elbistan basin, Optimization, Opencast mine

TEŞEKKÜR

Lisans ve Yüksek Lisans eğitimim süresince değerli yardımlarını esirgemeyen, bilgi ve birikimleriyle tez çalışmamı baştan sona kadar yönlendiren ve şekillenmesinde büyük emek sarf eden, çok değerli danışman hocam Doç. Dr. Suphi URAL'a teşekkür eder, saygılarımı sunarım.

Öncelikle Maden Mühendisliği Bölüm Başkanı Prof. Dr. Mesut ANIL olmak üzere, maddi ve manevi yardımlarını gördüğüm bölümümüz akademik ve idari personeline teşekkür ederim.

Tüm çalışmam sırasında hiçbir zaman desteğini benden esirgemeyen HAYAT ARKADAŞIM Ece CANKAYA'ya, Maden Yüksek Mühendisi arkadaşım M. Engin YAYLA'ya, Maden Yüksek Mühendisi Arş. Gör. M. Ali BAYRAM'a teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Hayatım boyunca göstermiş oldukları anlayışı, vermiş oldukları maddi ve manevi destekleri ve bitip tükenmek bilmeyen sevgilerini hiçbir zaman unutmayacağım, CANIM AİLEM'e de sonsuz teşekkür eder, sevgilerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

SAYFA

ÖZ.....	I
ABSTRACT	II
TEŞEKKÜR.....	III
İÇİNDEKİLER.....	IV
ÇİZELGELER DİZİNİ	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ	VII
1. GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın amacı.....	2
1.2. Havzanın Tanıtımı	3
1.3. Bölgesel Jeoloji.....	9
1.3.1.Stratigrafi.....	9
1.3.1.1.Temel Kayaçlar.....	10
1.3.1.2.Linyit İçeren Ahmetçik Formasyonu.....	13
1.4. Hidrojeoloji.....	15
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	17
2.1. Optimum Ocak Sınırlarının Tespitine İlişkin Önceki Çalışmalar.....	17
2.1.1. Lerchs-Grossmann 2-D Metodu ile Açık İşletme Sınırlarının Belirlenmesi.....	17
2.1.2. Korobov Algoritması.....	19
2.1.3. Düzeltilmiş Korobov Algoritması.....	20
2.1.4. Koenigsberg'in Üç Boyutlu Dinamik Programlama Algoritması.....	22
2.1.5. Optimum Ocak Sınırlarının Tespitinde Geleneksel Yöntem.....	25
2.2. Afşin-Elbistan Termik Sant. Kömür Ocaklarına İlişkin Önceki Çalışmalar.....	26
3. MATERYAL VE METOD	31
3.1. Materyal.....	31
3.2. Metod	33
3.2.1. Kriging Yöntemi İle Jeolojik Blok Modelinin Hazırlanması	33
3.2.2. Maden Yatağının Ekonomik Modelinin Oluşturulması	36
3.2.3. Pozitif Hareketli Koni Tekniği.....	37
3.2.4. Hareketli Koni Tekniklerinin Özellikleri	41

3.2.5. Kompozitlerin Hesaplanması.....	42
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	45
4.1. Jeostatiksel Değerlendirme ve Jeolojik Modelin Oluşturulması	45
4.1.1. Rezerv - Sınır Tenör İlişkisi.....	46
4.1.2. Kompozit Verilerin Oluşturulması.....	47
4.1.3. Jeolojik Modelin Oluşturulması.....	48
4.2. Ekonomik Modelin Oluşturulması.....	49
4.2.1. Mevcut Değerlere Göre Optimum Ocak Sınırları.....	50
5.SONUÇLAR VE ÖNERİLER	54
KAYNAKLAR.....	55
ÖZGEÇMİŞ	58

ÇİZELGELER DİZİNİ

SAYFA

Çizelge 1.1. Havzanın sektörel değerlendirmesi	7
Çizelge 1.2. Çöllolar sektöründe yapılan sondajlardan alınan linyit örneklerinde yapılan analizlerin sektör için ortalama değerleri.....	8
Çizelge 2.1. Çöllolar sektörü Doğu Şevi birimlerinin kayma mukavemeti parametreleri	28
Çizelge 2.2. Farklı seçeneklere göre üretilebilecek linyit ve örtü kazı miktarları....	29
Çizelge 2.3. Çöllolar sahasında yapılan rezerv tesbit çalışmaları ve elde edilen sonuçlar.....	30
Çizelge 3.1. Sondaj kuyuları koordinat bilgileri.	32
Çizelge 3.2. Sondaj kuyu bilgileri	32
Çizelge 4.1. Sondaj verilerinin kısa istatistiksel özeti	45

ŞEKİLLER DİZİNİ

SAYFA

Şekil 1.1. Çalışma alanının yer bulduru haritası	4
Şekil 1.2. Afşin – Elbistan linyit havzasındaki sektör sınırları	7
Şekil 1.3. Afşin – Elbistan Havzasının genel jeolojik haritası.....	10
Şekil 1.4. Linyit havzasının genelleştirilmiş stratigrafik istifi.....	11
Şekil 1.5. Çöllolar (B) sahasındaki zemin tabakaları ve yaklaşık kalınlıkları.....	15
Şekil 2.1. Her bir bloğun net değerini gösteren bir düşey kesit.....	17
Şekil 2.2. Birinci adım sonundaki kesit.....	18
Şekil 2.3. Optimum ocak sınırı.....	19
Şekil 2.4. İki boyutlu araştırma konisi.....	20
Şekil 2.5. Üç boyutlu araştırma konisi.....	20
Şekil 2.6. Hata kaynağını açıklayan örnek.....	22
Şekil 2.7. Blokların kesişimi	23
Şekil 2.8. Blok (i, j, k) ’ya komşu 12 bloğun konumları.....	23
Şekil 3.1. Sondaj lokasyon haritası.....	31
Şekil 3.2. 971 No’lu Sondaj kuyusu kesiti.....	32
Şekil 3.3. Üç boyutlu jeolojik blok modeli	35
Şekil 3.4. Pozitif Hareketli Koni tekniği.....	40
Şekil 3.5. Optimum sınır	41
Şekil 3.6. Optimum ocak sınırlarının tespiti	43
Şekil 3.7. Kompozitlerin oluşturulması	44
Şekil 4.1. Isıl değer / kül oranının histogramı	46
Şekil 4.2.. Isıl Değer / kül parametresine ilişkin variogram	46
Şekil 4.3. Rezerv - Sınır Tenör İlişkisi	47
Şekil 4.4. Kompozit verilere ilişkin parametrelerin seçimi	47
Şekil 4.5. Bilgilerin “Kriging Menü” ye tanıtılması.....	48
Şekil 4.6. Mevcut değerlere göre oluşturulan ocak sınırlarının üstten görünüşü....	50
Şekil 4.7. Mevcut değerlere göre oluşturulan ocağın üç boyutlu görüntüsü.....	50
Şekil 4.8. Mevcut değerlere göre ikinci basamak üstten görünüş.....	51
Şekil 4.9. Mevcut değerlere göre üçüncü basamak üstten görünüş.....	51
Şekil 4.10. Mevcut değerlere göre dördüncü basamak üstten görünüş	52
Şekil 4.11. Mevcut değerlere göre beşinci basamak üstten görünüş	52

Şekil 4.12. Mevcut değerlere göre altıncı basamak üstten görünüş	53
--	----

1. GİRİŞ

Teknolojik gelişmeler, açık işletmelerin ekonomik derinliklerini arttırmış ve ekonomik olmayan düşük tenörlü maden yataklarını ekonomik olarak işletilebilir hale getirmiştir. Düşük tenörlü yataklar üzerinde oluşturulacak daha derin açık ocakların işletilmesi ile, işletmenin her seviyesindeki plan kesit alanı genişlemiş ve dolayısıyla böyle ocaklarda üretim planlaması için alternatifler artmıştır. Açık işletmelerde seviyelerin yüzey kesit alanları, ocak derinliğinin ve nihai şevin bir fonksiyonudur.

Maden yataklarının oluşumlarındaki farklılıklar (örtü içinde farklı özelliklere sahip formasyonları oluşumu, mineralleşmedeki kalite değişiklikleri, farklı jeolojik ve hidrojeolojik oluşumlar vb.) ve farklı kazı teknikleri üretim planlaması aşamasında, değerlendirilmesi gereken parametrelerin ve kısıtlamaların çok olmasına, dolayısıyla da karışıklıklara sebep olarak üretim planlaması problemini zorlaştırmaktadır. Parametrelerin çokluğu ve karmaşık bir yapıda olması, hatta bunların bazılarının belirlenmesinin bile güç olduğu dikkate alınırsa, planlamacıların en uygun üretim planlamasını belirleyebilmelerinin çok zor olacağı açıktır. Bu sebepten dolayı planlama probleminin optimal çözümü aranmalıdır.

Günümüzde kullanılan açık işletme nihai sınırı tespitine yönelik bilgisayar yazılımları genellikle iki grup halinde ele alınırlar. Birinci grupta, matematiksel olarak doğruluğu kanıtlanmış yöntemler, ikinci grupta ise sonuca daha kısa zamanda ulaşabilen, fakat optimum sonuçtan fedakarlık eden yöntemlerdir. Birinci gruptaki en önemli yöntem Lerchs-Grossmann'ın 1965 yılında geliştirdikleri, grafik teorisine dayanan bir uygulamadır (Lerchs ve Grossmann, 1965). Dinamik programlama, lineer programlama ve şebeke akışları yöntemleri bu grup içinde incelenebilir. İkinci grupta ise hareketli koni, parametrik analiz, korobov algoritmaları sayılabilir. İkinci gruptaki yöntemlerin en önemli özellikleri istenilen şev açıları ile çalışabilmeleri ve algoritma mantıklarının çok kolay olmalarıdır. Bu önemli avantajlarından dolayı bilgisayar yazılımı geliştiren kuruluşlar tarafından bu yöntemler tercih edilmiştir.

Açık işletme nihai sınırı tespitine yönelik bütün yöntemler, inceleme yapılacak bölgenin bloklara ayrılmasına dayanır. Özel teknikler vasıtası ile bu bloklara, sondajlardan elde edilen veriler yardımı ile üç boyutlu olarak tüm teknik

değerler (tenör, kalori, nem, kül, mekanik değerler vb.) atanır. Bu değerler kullanılarak, tüm blokların ekonomik değerlendirmeleri yapılır. Bunun anlamı, sınır değer altında tenöre sahip olan bloklara kazı maliyetleri (negatif olarak verilir), sınır değer üstü bloklar ise içerdikleri cevherin kalitesine ve üretilebilirliğine bağlı olarak kar değeri (pozitif olarak verilir) olarak atanır. Bütün yöntemlerin mantığı, üç boyutlu olarak ekonomik değerleri verilen bloklar içerisinde hangi blokların kazanılması ile maksimum kar elde edileceğinin belirlenmesidir. Maksimum kar kavramı ocak içerisindeki bloklardan birinin veya bir grubun kaldırılması sonucu ile oluşacak yeni ocak karı, bir önceki blok grubunun kaldırılması ile elde edilecek kardan büyük olması ile de açıklanabilir (Onur, 1995).

1.1. Çalışmanın Amacı

Bir cevher yatağında verimli bir madencilik faaliyeti sürdürülmesinde en önemli rol oynayan unsurlardan birisi de işletme ile ilgili unsurların iyi bir şekilde planlanmış olmasıdır. Böyle bir planlama işleminin önemi, bilhassa hiç bir ekonomik kritere dayanmayan plansız bir işletme ameliyesi ile maliyetini kurtaramayacak olan düşük tenörlü yataklar için çok büyük olmaktadır.

Bir işletmenin planlaması her şeyden önce belirli bir süre içerisindeki üretim miktarının, yani yatağın ömrünün tayin edilmesini öngörür. Bu anlamdaki planlama işlemi, uzun vadeli, kısa vadeli ve günlük üretim planlaması gibi üç kategoride mütalaa edilir. Planlama sırasında ilk yapılacak iş, başlangıç safhasında veya daha ileri aşamalarda olma durumuna göre söz konusu yatağın nihai ekonomik limitlerini veya optimum nihai işletme limitlerini tayin etmektir. Burada ki “nihai işletme limit” terimi, bir açık işletmenin ömrü sona erdiğinde elde edilecek nihai şekil ve ölçüleri ifade etmektedir.

Afşin-Elbistan linyit havzası, ülkemizin en büyük linyit rezervine sahiptir ve giderek artan elektrik enerjisi talebinin önemli bir kısmını karşılamaktadır. Böylesine önemli bir havzanın günümüz teknolojisi ile ekonomik ve verimli bir şekilde üretilmesi gerekmektedir. Bunun sağlanabilmesi içinde işletme ile ilgili tüm plan ve çalışmaların optimum değerlere göre dizayn edilip uygulanması, özellikle optimum işletme sınırlarının belirlenmesi gerekir.

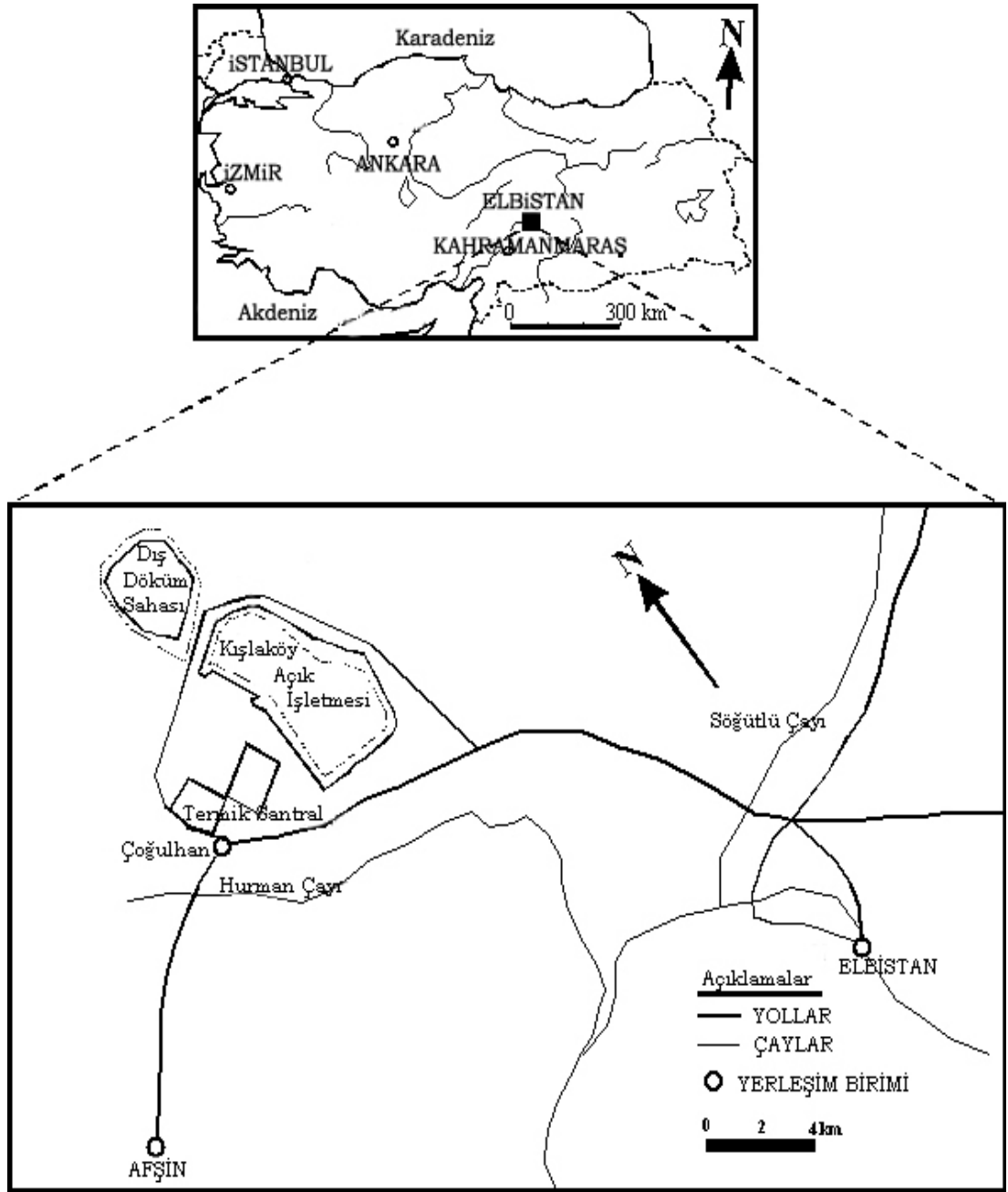
1.2. Havzanın Tanıtımı

Afşin-Elbistan linyit havzası Kahramanmaraş ili sınırları içinde, 1:100,000 ölçekli Elbistan L37 ve L38 paftalarında bulunmaktadır (Şekil 1.1.). Havzanın doğu bölümünde Elbistan, batı bölümünde ise Afşin ovaları yer almaktadır. Bu iki ovayı Şardağı (2300 m) ve onun uzantıları olan yükseltileri ayırmaktadır. Afşin ve Elbistan ovaları batıdan Binboğa Dağlarıyla, güneyden Şardağ, Beritdağı ve Nurhak Dağı; kuzeyden ise Hezanlı Dağı ile çevrilmiştir. Dağlar arasında kalan bu bölüm düzgün bir topografyaya sahiptir. Bölgede devamlı akan akarsuların en önemlisi Hurman Çayıdır. Afşin-Elbistan Ovalarını, Ceyhan Nehri, Göksun, Sarsap ve Söğütlü Dereleri sulamaktadır. Bölgede karasal iklim hüküm sürmekte olup yıllık ortalama sıcaklık +11°C'dir (Meteoroloji Genel Müd.). Bitki örtüsü tek düze olup, özellikle dere kenarlarındaki söğüt ve selvi ağaçları tipik bitki örtüsünü oluşturur. Çevre halkı geçimini büyük ölçüde tarım ve hayvancılıktan sağlamaktadır.

Havza ulaşım olanakları açısından oldukça elverişli olup, Elbistan'a 30 km ve Afşin'e 14 km'lik bir asfalt yolla bağlanmıştır. Ayrıca Elbistan'ın 70 km güney - doğusunda yer alan Kapıdere tren istasyonu vasıtasıyla demir yolu bağlantısı da vardır.

Afşin-Elbistan linyit havzasında linyit arama çalışmaları ilk olarak 1966 yılında Batı Alman teknik yardımı çerçevesinde MTA Genel Müdürlüğü ve bir Batı Alman firması işbirliği ile başlamış ve 1967 yılında havzadaki linyitin varlığı saptanmıştır. 1969–1970 yıllarında havzanın fizibilite raporları hazırlanarak 1973 yılından itibaren yatırım faaliyetlerine başlanmıştır.

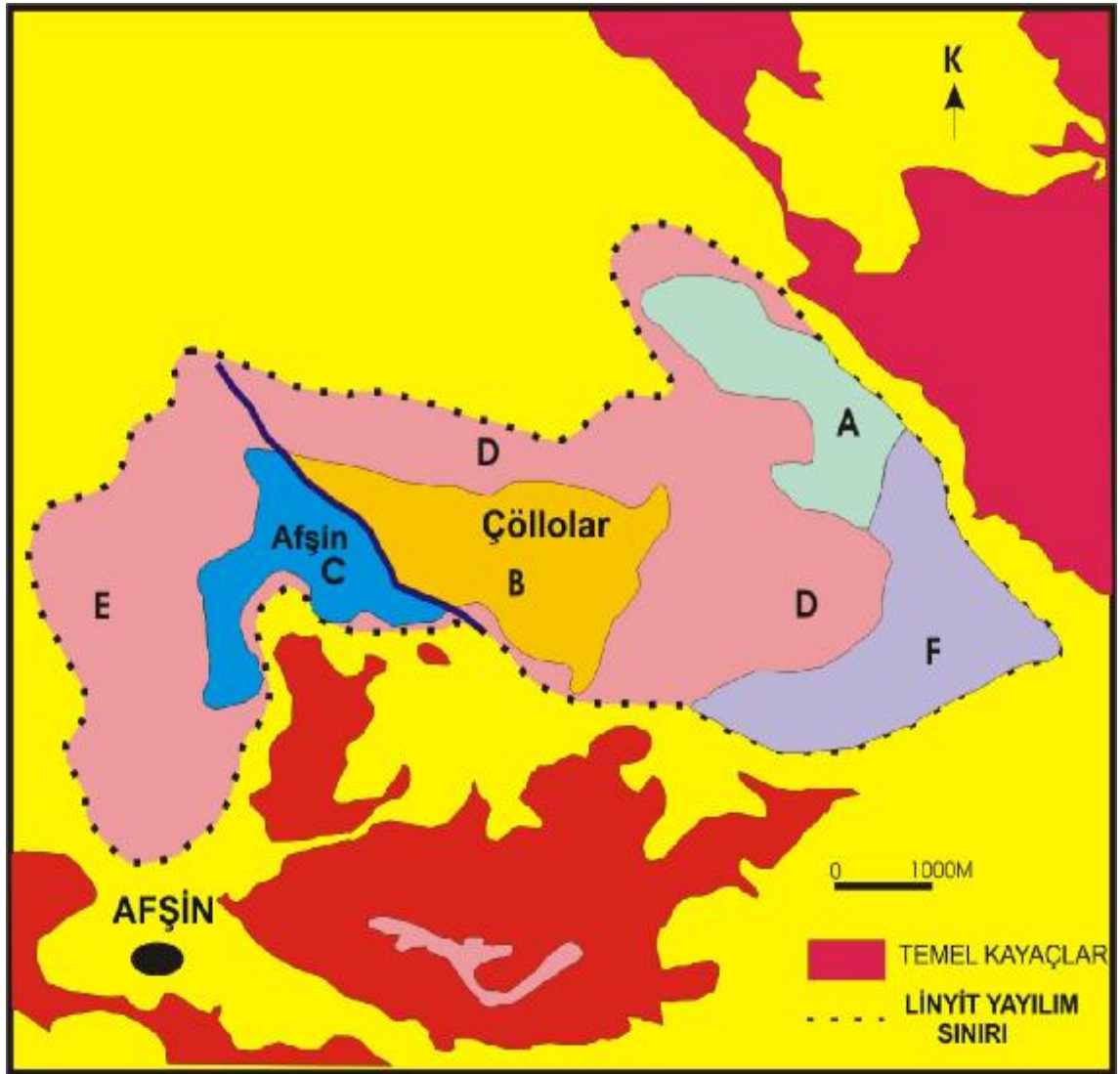
Yapılan sondaj çalışmaları sonucunda havzada yaklaşık 3.357×10^6 ton görünür linyit rezervi saptanmıştır (Altaş ve ark., 2000). Yaklaşık 120 km² lik bir alanı kapsayan linyit havzası; Kışlaköy (A), Çölollar (B) ve Afşin (C) adı verilen üç ana sektör ile Kuşkayası (D), Elbistan (E ve F) sektörlerinden oluşmaktadır (Şekil 1.2.). Havzanın sektörlere göre rezerv miktarları ve diğer bilgiler Çizelge 1.1.'de verilmiştir. Açık işletme derinliğinin Kışlaköy sektörü kuzeyinde daha düşük olması ve diğer sektörlerde de termik santral kurulması gerektiği düşüncesinden dolayı ilk linyit kazı çalışmalarına Kışlaköy sektöründe başlanılmıştır ve mevcut açık linyit işletmesi bu sektörde bulunmaktadır.



Şekil 1.1. Çalışma alanının yer bulduru haritası

Kışlaköy Sektörü (A): Bu sektörde sondaj, jeolojik, jeofizik, kimyasal, teknolojik ve hidrojeolojik incelemeleri kapsayan fizibilite çalışmaları tamamlanmıştır. Sektör 580 milyon ton rezerve sahiptir. Açık işletmede linyitin kalınlığı ortalama 40 m. civarındadır. Ancak, bazı sondajlarda tüm birim içindeki linyitin toplam kalınlığı 80 metreye kadar ulaşmaktadır (Otto-Gold, 1969). İşletmede

örtü tabakası, linyit kazısı ve nakli yaklaşık 60.000 m³/gün kapasiteli 6 adet döner kepçeli ekskavatör, 5.600 m³/saat kapasiteli 5 adet dökücü, bunların yardımcı makine ve araçları dahil toplam 45 km uzunluğunda 1800 mm genişliğinde ve 5,2 m/sn hızla hareket eden band konveyörlerle sağlanmaktadır. Afşin-Elbistan (A) projesi kapsamında başlangıçta şu anda faaliyette olan Afşin-Elbistan Termik Santrali için 18,6 Mt/yıl ve çevre illerin yakıt gereksinimi için 1,4 Mt/yıl linyit üretimi öngörülmüş ve sektörden yılda yaklaşık 20 Mt/yıl linyit üretiminin yapılması planlanmıştır (Cicioğlu, 2001).



Şekil 1.2. Afşin – Elbistan linyit havzasındaki sektör sınırları (Otto-Gold, 1969)

Afşin Sektörü (C): Bu sektörde 27 adet sondaj yapılmış ve muhtemel rezerv 350×10^6 ton olarak hesaplanmıştır. Kömür kalınlığı ortalama 32,77 m'dir (Otto-Gold, 1969).

Elbistan (Kuşkayası) Sektörü (D): Sektörde jeolojik çalışmalar tamamlanmış, bu alanda 204 adet sondaj yapılmış ve toplam 1.198 milyon ton linyit rezervi tespit edilmiştir. Ortalama kömür kalınlığı 36,14 m olarak bulunmuştur. Bilgin ve ark. (1982) tarafından bu sektörün, Çöllolar sektörü kuzeyinde kalan alt bölümünde (D.I) mevcut sondaj verileri kullanılarak rezerv amaçlı olarak bir çalışma yapılmıştır. Sektörün bu alt bölümünde ortalama linyit kalınlığı 23,21 m ve $388.300.333$ ton görünür ve bunun $341.562.132$ tonunun işletilebilir/üretilebilir linyit rezervi olduğu saptanmıştır. Bu alt bölümde işletilebilir linyitte, dekapaj oranının $3,99 \text{ m}^3/\text{ton}$, orijinal kömürde nem içeriğinin ortalama % 50,33, kül içeriğinin % 22,46 ve alt ısı değeri 4702 kJ/kg olarak bulunulmuştur. Diğer taraftan, bu alt sektörde yapılmış yaklaşık 51 adet sondajdan hesaplanan işletilebilir rezerve ait orijinal bazdaki analiz değerlerinde % 49,51 nem, % 23,33 kül, % 18,27 uçucu madde, % 8,16 bağlı karbon, % 1,88 toplam kükürt ve 4672 kJ/kg alt ısı değeri saptanmıştır. Bu örneklerin havada kuru bazdaki nem içeriği ise % 11,65 olarak bulunmuştur (Bilgin ve ark., 1982). Bu alt sektöre ait analiz sonuçlarında ortalama değerlerin, sektörün güneyindeki Çöllolar sektörüne ait analiz sonuçlarıyla (Çizelge 1.2.) büyük bir uyumluluk ve kömür kalitesinde benzerlik görülmektedir. Ancak, işletilebilir ortalama linyit kalınlığında bir azalma saptanmaktadır.

Elbistan Sektörü (E): Sektörde inceleme ve sondaj çalışmaları tamamlanmış, 33 adet sondaj yapılmış ve 380×10^6 ton rezerv tespit edilmiştir. Kömür kalınlığı ortalama 21,45 m'dir (Otto-Gold, 1969).

Elbistan Sektörü (F): Bu alanda da yapılan incelemeler ve açılan 3 adet sondaj ile 30×10^6 ton rezerv hesaplanmıştır. Kömür kalınlığı ise ortalama 4,13 m' dir (Otto-Gold, 1969).

Çizelge 1.1. Havzanın sektörel değerlendirmesi (Otto-Gold, 1969)

	Kışlaköy (A)	Çöllolar (B)	Afşin (C)	Kuşkaya (D)	Sekt. (E)	Sekt. (F)
Saha Alanı, (km ²)	12,3	18,7	12,6	26,4	17,2	10,3
Linyit Rezervi, (10 ⁶ ton)	582	850	350	1198	382	30
Örtü Kalınlığı, (m)	69,7	101,9	60,7	96,5	-	-
Linyit Kalınlığı, (m)	32,8	45,7	27,8	36,1	21,4	4,13
Örtü:Linyit Oranı, (m ³ /t)	2,70:1	2,23:1	2,18:1	3,90:1	5,2:1	30:1
Derinlik Limitleri, (m)	36–156	32–179	49–100	54–192	-	-
Derinlik Ortalama, (m)	102,7	147,6	88,5	163,6	-	-
Isıl Değer, (kJ/kg)	4899	4691	4731	4605	-	-
Nem İçeriği, (%)	51,2	52,3	50,8	52,6	-	-
Kül İçeriği, % (Kuru)	37,45	39,85	43,35	38,27	-	-
T. Santral Kapasitesi (MW)	4x340	4x340	2x340	6x340	-	-
Şimdiki Durum	İşletiliyor	Planlandı	Planlandı	Planlandı	-	-

Çöllolar Sektörü (B): Bu sektörde toplam 256 adet sondaj yapılmıştır. Demirok ve ark. (1978) tarafından yapılan çalışmalar sonucunda bu sektörde yapılan sondajlardan 10 adedinin problemlili olduğu için (örneğin kömürlü seviyeye gelmeden durdurulmaları, sediman sondajı olmaları nedeniyle linyitli seviyenin tam olarak tespit edilememesi, vb) değerlendirme dışı tutulmuş ve geri kalanlarında işletilebilir kalınlıkta linyitin varlığı tespit edilmiştir. Ortalama linyit kalınlığı, 48,19 m'dir. Rezerv çalışmaları sonucunda bu sektörde 990.756.000 ton görünür ve bunun 891,680,000 tonunun işletilebilir/üretilebilir linyit rezervi olduğu saptanmıştır. İşletilebilir linyitte dekapaj oranı 2,64 m³/ton olarak bulunmuştur (Demirok ve ark.,1978). İşletilebilir linyitin hesaplanmasında kullanılan analiz değerlerinin ortalamaları Çizelge 1.2.'de sunulmuştur.

Çöllolar sektöründe kurulması planlanan Afşin-Elbistan B Termik Santralının yapımına Çoğulhan'da Aralık 1999'da başlanılmıştır. Santralin kurulu gücünün 4x360=1440 MW ve yıllık üretim kapasitesinin 9,1 milyar KWh olması planlanmıştır. Santralin tüketeceği linyit miktarı 18,5 milyon ton/yıl olarak hesaplanmıştır (Cicioğlu, 2001).

Çizelge 1.2. Çöllolar sektöründe yapılan sondajlardan alınan linyit örneklerinde yapılan analizlerin sektör için ortalama değerleri (Demirok ve ark., 1978)

	Orijinal* Kömürde	Havada Kuru Kömürde (hkb)	Kuru Kömürde (kb)	Kuru-Külsüz Kömürde (kkb)
Linyit				
Nem (%)	51,25	10,26	-	-
Kül (%)	20,09	36,98	41,21	
Uçucu Madde (%)	19,87	36,58	40,76	69,34
Bağlı Karbon (%)	8,79	16,18	18,03	30,66
Toplam Kükürt (%)	2,01	3,70	4,1	-
Alt Isıl Değer (kJ/kg)	4924	11179	12745	
Karbon ** (%)	16,45	30,54	-	65,95
Hidrojen ** (%)	1,38	2,56	-	5,56
Azot ve Oksijen (%)	5,96	11,24	-	24,08
Linyit Külü				
SiO₂ (%)	-	-	34,42	-
Fe₂O₃ (%)	-	-	8,81	-
Al₂O₃ + TiO₂ (%)	-	-	16,94	-
Na₂O (%)	-	-	0,42	-
K₂O (%)	-	-	0,91	-
MgO (%)	-	-	2,30	-
CaO (%)	-	-	20,75	-
P₂O₅ (%)	-	-	0,09	-

* Orijinal değerler, örneğin laboratuara geldiği durumu göstermektedir.

** 23 adet sondajı temsil eden kompozit linyit örneklerinden elde edilmiştir.

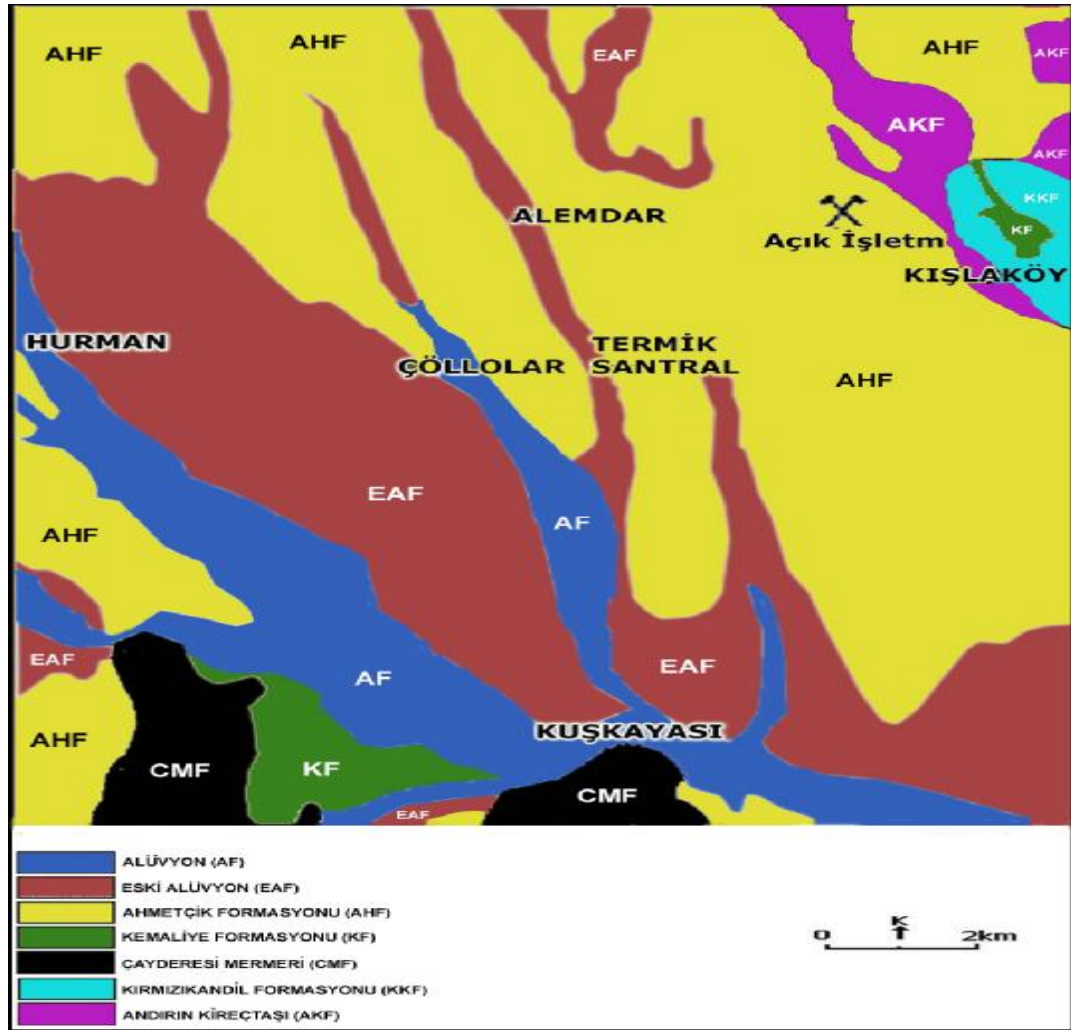
***22 adet sondajı temsil eden kompozit linyit örneklerinin küllerinden elde edilmiştir.

1.3. Bölgesel Jeoloji

Afşin-Elbistan havzası Alp orojenezi sonunda Torosların epirojenik yükselişi sırasında oluşmuştur. Pliosen'den Kuvaterner'e kadar olan dönem içerisinde kalkerli kil ve kalkerli gıda'dan oluşan göl, havzanın çökmesi sırasında oluşmuştur (Otto- Gold, 1969). Daha sonra havzanın özellikle kuzey-batısında oluşan bataklık, linyitin temel maddesini oluşturmuştur. Havza çeşitli alt havzalara bölünmüş olup, her biri farklı formasyonla karakterize olmuştur. Afşin-Çöllolar-Kışlaköy alt havzasında, linyitin oluşmasında büyük önem arzeden geniş bir bataklık kuşağı oluşmuştur. Limnik kil ve gıda serilerinde, kalınlığı 50 ile 100 m. arasında değişen 1 veya 2 linyit tabakası oluşmuştur (Otto-Gold, 1969). Oluşan bu yumuşak linyit serisi içine humuslu-kömürlü limnik sedimanlar yerleşmiştir. Tabakalaşmadaki bu durum kendisini yatay olduğu kadar, dikey olarak da göstermektedir (Ural, 1994).

1.3.1. Stratigrafi

Doğu Torosların batı kesiminde, Üst Maastrichtiyen öncesi yaşta olan ve farklı ortam özellikleri yansıtan doğu-batı uzanımlı iki tektonik birlik yüzeylenir. Tektonik birlikler, Gürün Görelî Otoktonu ile bunun güneyinde yer alan allokton kaya türü toplulukları olmak üzere iki bölüm halinde tanımlanmıştır. İnceleme alanında bu tektonik birliklerden allokton kaya türü toplulukları ve bunların üzerinde yer alan birimler yüzeylenmektedir (Cicioğlu, 2001). Cicioğlu (2001) tarafından allokton kaya türü toplulukları üç gruba ayrılarak incelenmiştir. Bunlardan ilk topluluk Karbonifer-Permiyen yaşlı Yoncayolu Şistleri ve Çayderesi Mermerleri ile temsil edilen Keban-Malatya Metamorfizitleridir. İkinci topluluk Triyas-Üst Kretase yaş aralığında olan Andırın Kireçtaşı, Kırmızıkanlı Formasyonu, Binboğa Formasyonu, Kemaliye Formasyonu ve Dağlıca karışığından oluşmaktadır. Üçüncü topluluk ise Göksun ofiyolitleridir (Cicioğlu, 2001). İnceleme alanında allokton kaya türü topluluğu dışında Harami Formasyonu, Sekse Formasyonu, linyit içeren Ahmetçik Formasyonu ile Kuvaterner oluşuklar yüzeylenmektedir (Şekil 1.3.), (Şekil 1.4.). Linyit içeren Ahmetçik formasyonu temel kayalar üzerine uyumsuz olarak gelmektedir ve Kuvaterner yaşlı oluşuklar tarafından yine uyumsuzlukla örtülmektedir (Cicioğlu, 2001).



Şekil 1.3. Afşin-Elbistan Havzasının genel jeolojik haritası (Cicioğlu, 2001)

1.3.1.1. Temel Kayaçlar

Yoncayolu Şistleri: Keban-Malatya Metamorfizmaları'nın en alt seviyesini oluşturan birim gneys, amfibolit, şist ardalanmalı olup yer yer orta kalınlıkta mermer, yeniden kristalleşmiş kireçtaşı ve kuvarsit ara katkılarını da kapsamaktadır. Birim kalınlığı yaklaşık 600 metre olup Karbonifer-Permian yaşlıdır (Perinçek ve Kozlu 1984).

Çayderesi Mermerleri: Keban-Malatya Metamorfizmaları'nın bir üyesi olan birim mermer, yeniden kristalleşmiş kireçtaşı ve yer yer dolomitten oluşan kayaçlarla temsil edilmektedir. Bozunma yüzey rengi açık gri, taze yüzey rengi bej olan mermerler bol kalsit damarlıdır. Formasyon yaklaşık 500 metrelik kalınlığa sahip olup Karbonifer-Permian yaşlıdır (Perinçek ve Kozlu 1984).

ÜST SİSTEM	SİSTEM	SERİ	KAT	STRATİGRAFİK BİRİMLERİ	SİMGE	KALINLIK (m.)	LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR
SENZOYİK	KUVATER.	Pliosen	Üst	ALÜVYON YAMAÇ MOLOZU	Qal/Qay	100		alüvyon, yamaç molozu çakıltısı, kumtaşı, çamurtaşı
				ESKİ ALÜVYON	Qe	200		UYUMSUZLUK çakıltısı, kumtaşı, çamurtaşı, çapraz tabakalı, zayıf tutturulmuş
				AHMETÇİK FM.	Tah	300		alüvyal yelpaze, örgülü akarsu çökelleri: çakıltısı, kumtaşı, çamurtaşı
					Ts	200		gölsel kireçtaşı, kilitaşı, çakıltısı, kumtaşı, linyit, yer yer tüft ve silisliye kireçtaşı
	TERTİSİYER	Miyosen	Üst	SESKE FM.	Ts	200		UYUMSUZLUK tabanda çakıltısı, kumtaşı içeren kireçtaşı, kırıntılı kireçtaşı
				HARAMİ FM.	Khs	250		Sarıkaya Üyesi: kırıntılı kireçtaşı
					Kho	400		Erçene Üyesi: çakıltısı, kumtaşı, kilitaşı, şeyl ve kırıntılı kireçtaşı
				DAĞLICA KARIŞIĞI	Kd	400		UYUMSUZLUK volkanik kırıntılı hamur içinde serpantinlit, peridodit, gabro, diyabaz, çört ve bazik lav ve kireçtaşı blokları
	MESOZOYİK	ÜST	Maastrichtiyen	KEMALİYE FM.	Kke	200		olistostromal nitolitte volkanik kırıntılı, hamur içinde kireçtaşı, volkanit, radyolarit, ve kırıntılı kayalar blokları
				BİNBOĞA FM.	Mzb	300		kumtaşı, kilitaşı, şeyl, kireçtaşı, çördü kireçtaşı
				KIRMIZIKANDIL FM.	Kka	200		UYUMSUZLUK mikritik kireçtaşı, çördü mikritik kireçtaşı
				ANDIRIN KİREÇTAŞI	Mza	500		kireçtaşı, dolomitik kireçtaşı, resifal kireçtaşı, yer yer çördü, kumlu kireçtaşı
PALEOZOYİK	KARBONİFER-PERMIYEN	ÜST	Turoniyen	ÇAYDERESİ MERMERLERİ	Pç	500		mermer, kristalize kireçtaşı, yer yer şist ve kalkışist ara katkılı
				YONCAYOLU ŞİSTLERİ	Pzy	500		gnays, amfibolit, şist, kalkışist, yer yer mermer, filit, kuvarsit ve metavolkanit ara katkılı
				GÖKSUN OFİYOLİTİ	Mzg	500		Göksun Ofiyoliti: pelajik kireçtaşı, radyolarit, lav ardalanması, levha dayk kompleks, izotrop gabro, katmalı gabro, serpantinlit, peridodit

Şekil 1.4. Linyit havzasının genelleştirilmiş stratigrafik istifi (Perinçek ve Kozlu, 1984)

Andırın Kireçtaşı: Havzada oldukça geniş yayılıma sahip olan birim genellikle topoğrafik olarak yüksek alanlarda yüzeylenir ve kömür havzasını doğudan kuzeye doğru sınırlar. Başlıca kristalize kireçtaşından oluşan birim, sınırlı olarak dolomit, çörtlü kireçtaşı ile refisal kireçtaşı ve killi-kumlu kireçtaşı içerir. Kalınlığı yaklaşık 600 metre olan birim Orta Triyas-Jura-Senomaniyen-Türoniyen yaş grubuna dahildir (Perinçek ve Kozlu 1984).

Kırmızı Kandil Formasyonu: Mikritik kireçtaşı ve çörtlü mikritik kireçtaşları ile temsil edilen formasyon 20 metre ile 200 metre arasında değişen bir kalınlığa sahiptir. Kireçtaşları gri renkli, bol çatlaklı ve belirgin olmayan tabakalanma gösterir. İçerdiği fosil grubuna dayanılarak birimin yaşı Türoniyen-Alt Kampaniyen olarak verilmiştir (Perinçek ve Kozlu 1984).

Binboğa Formasyonu: Havzada oldukça dar alanda yüzeyleşen birim, sarı-kahverengi, gri-boz renkli kireçtaşı, çörtlü kireçtaşı, kumlu kireçtaşı, kumtaşı ve kıltaşı ardalanmasından oluşmaktadır. Kampaniyen-Maastrichtiyen yaşlı olarak değerlendirilen formasyon 300 metre kalınlığa sahiptir (Perinçek ve Kozlu 1984).

Kemaliye Formasyonu: Birim değişik boyut, yaş ve türdeki blokların volkanik kırıntılı bir hamur içinde yer aldığı bir oluşumdur. Yeşilimsi, kahverengimsi, kül rengi kumtaşı, çakıltaşı, mermer, kireçtaşı, yer yer volkanitler, tuf ve ofiyolit gibi bloklar; ince taneli kumtaşı, kıltaşı ve şeylden oluşan bir hamur içinde yer almaktadır. Bloklar değişik boyut, yaş ve türde olup Andırın Kireçtaşı ve Çayderesi Mermerleri ile ofiyolitlerden türemişlerdir. Birim Üst Kampaniyen-Maastrichtiyen yaşlı olup, kalınlığı 200 metredir (Perinçek ve Kozlu 1984).

Dağlıca Karışığı: Havzanın kuzeyinde yol yarmaları ve dere yataklarında belirgin olarak gözlenebilen bu birim serpantinit, peridotit, gabro, diyabaz, çört ve bazik lavların yanı sıra Permian-Triyas-Jura-Kretase yaşlı çeşitli fasiyeslere ait kireçtaşından oluşmaktadır. Dağlıca Karışığının yaşı Kampaniyen-Maastrichtiyen, kalınlığı 400 metre olarak kabul edilmektedir (Perinçek ve Kozlu 1984).

Harami Formasyonu: Erçene ve Sarıkaya olmak üzere iki üyeye ayrılan birim Maastrichtiyen yaşlı olup kırıntılı kayalar ve kireçtaşlarından oluşmaktadır. Formasyonun alt seviyelerini kırıntılı kayalarla temsil eden Erçene Üyesi açık gri, sarımsı ve yeşilimsi renkli çakıltaşı, çakıltaşı-kumtaşı, kumtaşı, kıltaşı, şeyl, kırıntılı kireçtaşından oluşmaktadır. Üst seviyeleri oluşturan Sarıkaya üyesi ise kırıntılı

kireçtaşlarından oluşmaktadır. Formasyonun toplam kalınlığı 250 metreden fazladır(Perinçek ve Kozlu 1984).

Sekse Formasyonu: Az eğimli veya düzlük alanlarda yüzeyleşen formasyon çakıl taşı ve kireçtaşından oluşmaktadır. Tabanda kırmızı renkli çakıltaşı ve kumtaşı ile başlayan birim üste doğru kireçtaşları ile devam etmektedir. Kireçtaşları gri, sarı renkli tabaklanma göstermeyen çatlaklı kalsit damarlıdır. Birim yaklaşık 200 m kalınlıkta olup Üst Paleosen-Alt Eosen yaşlıdır (Perinçek ve Kozlu 1984).

Eski Alüvyon: Vadiler arasındaki sırt ve tepelerde korunmuş olarak görülen eski alüvyonlar havzanın kenar kesimlerinde oldukça geniş bir alanda görülmektedir. Zayıf tutturulmuş çakıl, kum ve çamurdan oluşur (Perinçek ve Kozlu 1984).

Alüvyon ve Yamaç Molozları: Sadece Hurman Çayı boyunca görülen alüvyonlar blok, kum, mil, ve siltten oluşmaktadır. Dağ yamaç ve eteklerinde yer alan yamaç molozu ise yine benzer malzemeden oluşmaktadır (Perinçek ve Kozlu 1984).

1.3.1.2. Linyit İçeren Ahmetçik Formasyonu

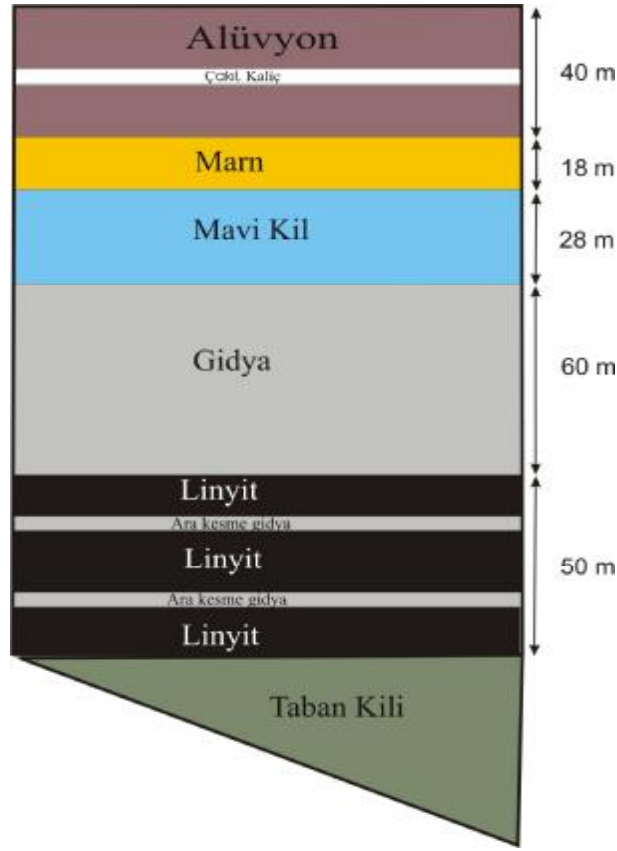
İnceleme alanında oldukça geniş bir alanda yayılım gösteren formasyon en iyi Afşin-Elbistan Linyit İşletmesi'ne ait açık ocakta, batıda Hurman çayının kuzey yamaçlarında ve Hüseyinağa Dağı'nın kuzeybatısında, doğuda Karamağara, Kayageçit, Kalaycık ve Evcihüyük köylerinde gözlenmektedir (Cicioğlu 2001).

Ahmetçik formasyonu, göl ve akarsu fasiyesinde oluşmuş çökellerden meydana gelmiştir. Havza ortasını temsil eden kısımlarda gölsel çökeller, kenar kesimlerde ise akarsu çökelleri yaygın olarak yer alır. Her iki fasiyese ait çökeller, birbirleriyle yanal ve dikey yönde geçişlidir. Birim tabanda, üzerinde yer aldığı temele ait çakılları içeren akarsu kökenli çakıl taşları ile başlar ve giderek havzanın derinleşmesi ile gölsel çökellere geçer (Perinçek ve Kozlu 1984).

Tez çalışması kapsamında yapılan saha çalışmaları sırasında Kışlaköy açık işletmesinde gözlenilebilen gölsel istif, koyu renkli kil tabakası ile başlamaktadır. İşletmenin taban seviyesini oluşturan bu tabaka yaklaşık 20-25 m kalınlıktadır. Bu seviyenin üzerinde beyaz-gri renkli fosil kavkıları içeren linyit seviyesi gelmektedir. Bu linyit tabakasının ortalama kalınlığı 40 m. olup, tabaka kalınlığı bazen 80 m'ye kadar ulaşmaktadır. Linyit tabakası içinde killi ve gastropoda fosil kavkısı içeren ara kesmeler vardır. Linyit tabakasının alt kesimleri daha yüksek

kaliteli ve devamlı, üst seviyelere doğru araya giren kil ve gidyalardan dolayı kalitesiz görülmektedir. Linyit tabakasının üstünde kalın (yaklaşık 50-60m) killi, yer yer linyitli/liniyit izli ve bol gastropoda fosil kavkısı içeren gidya tabakası yer almaktadır. Günümüze kadar havzada yapılan tüm çalışmalar sırasında çok bol fosil kavkıları içeren killi tabakalar gidya olarak isimlendirilmiştir. Bilindiği gibi gidya, koyu renkli, yumuşak, tatlı su çamuru olarak tanımlanmaktadır ve organik maddece zengin olup, oksijen ile besin girdisinin yoğun olduğu gölde veya bataklıklarda çökelmektedir. Linyit ve gidya ardalanmasından oluşan seviyenin üzerinde yaklaşık 10-15 m kalınlığında mavi renkli kil seviye yer alır. Mavi kil tabakasının üstünde sarı renkli marn olarak adlandırılan killi seviye bulunmaktadır. Marn tabakasının içinde kum ve çakıl taşları da gözlenmektedir. Yüzeyle marn tabakası arasında, kahverengi renkli, üst seviyelerini bitkisel toprağın oluşturduğu çakıltası, kum, silt, kumtaşı, kireçtaşı ve kilden meydana gelmiş alüvyon tabakası yer almaktadır. Alüvyon tabakası içinde yer yer ince bantlar halinde çakıltası, kireçtaşı, kum ve tatlı su kalkerinden (kaliç) oluşan sert bir istif yer almaktadır. Kireçtaşları sarımsı beyaz renkli, 10–20 cm tabaka kalınlığına sahip, silisli ve bol miktarda fosil kavkısı içermektedir (Ferat,2004), (Şekil 1.5.).

Cicioğlu (2001) Ahmetçik formasyonun akarsu fasiyesinde oluşmuş çökelleri ise çoğunlukla çakıltası ve kumtaşıyla Kalaycık Köyü'nde en iyi gözlenebilen çakıl taşlarında tane boyu 0,5-10 cm arasında değiştiğini bildirmektedir. Bileşenleri temele ait kireçtaşı, çört, kumtaşı, mermer ve bazik kayalardan türemiştir. Karbonat çimentolu olup yer yer gevşek tutturulmuştur. Çapraz tabakalanma ve derecelenme yaygın olan sedimanter yapılardır. Kumtaşı; yeşilimsi boz renkli, ince-orta tabakalı, bol fosil kavkılıdır. Birimin alt ve orta seviyelerinde bulunan gölsel kireçtaşı sarımsı renkte, orta katmanlı olup bol makro fosil ve bazı düzeylerinde silis içermektedir. Yerel jips oluşukları da yine aynı şekilde birimin alt ve orta seviyelerinde gözlenmektedir (Cicioğlu, 2001).



Şekil 1.5. Çöllolar (B) sahasındaki zemin tabakaları ve yaklaşık kalınlıkları (Ferat,2004).

1.4. Hidrojeoloji

İşletme sahasında beş tip akiferin varlığı belirlenmiştir (Otto-Gold,1969).

- Kuvaterner Akiferi
- Gidya Akiferi
- Artezyen Akiferi
- Paleozoik Kireçtaşı Akiferi
- Kızıldağ Karstik Akiferi

Kuvaterner depositler genellikle havzayı çevreleyen dağlardaki kalkerli sert kayaçların aşınıp, taşınması sonucunda oluşmuştur. Kaba taneli olan bu formasyonların geçirgenliği yüksektir. Özellikle yağışlı mevsimlerde yeraltı suları bu geçirgen yatakları etkilerler (Ural, 1994).

Kuvaternerin altında mavi kil olması nedeni ile bu sular akifer özelliği gösterir. Akış yönleri kuzeyden güneye doğrudur. Permabilite katsayısı $K:1 \times 10^{-5}$ m/sn'dir (Kılıç, 1996).

Gıdyanın kömür üstünde yer alan ve kalınlığı 40-50 m'ye ulaşan kısmı bol su içermektedir. Basıncılı akifer özelliği taşır ve geçirimsizliği çok azdır (Kılıç, 1996).

Kömür tabakasının altında yer alan artezyen akiferi işletmecilik açısından önemli görülmemektedir (Otto-Gold, 1969).

Kömürün çok altında bulunan paleozoik kireçtaşı akiferi, linyit ile arasında kalın bir kil tabakasının bulunması nedeni ile işletmecilik açısından önemli değildir.

Kışlaköy açık işletmesinin doğusunda yer alan Kızıldağ kireçtaşları ile yamaçlardaki birikinti konileri ve yamaç molozları, tektonik hareketler sırasında linyit tabakası ile kontakt oluşturmuştur. Bu kireçtaşları Kızıldağ'ın üst seviyelerinde çok kırıklı, erime boşlukları fazla ve beslenmeye uygun, aşırı geçirgen bir yapı oluşturmuştur. Karstik saha olarak adlandırılan Kızıldağ'daki sular, işletme sahasına kuvaterner çakıllar ve alüvyon konilerden geçit bulmaktadır. Permabitesi $K: 1 \times 10^{-3}$ m/sn olan Kızıldağ Karstik Akiferi işletmecilik açısından son derece önemlidir (Kılıç, 1996).

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Optimum Ocak Sınırlarının Tespitine İlişkin Önceki Çalışmalar

2.1.1. Lerchs-Grossmann 2-D Metodu ile Açık İşletme Sınırlarının Belirlenmesi

İki boyutlu programlama tekniği, Lerchs ve Grossmann tarafından geliştirilmiş olan bir sistemdir. Basitliği ve gerçeğe yakın sonuçlar vermesinin yanında üç boyutlu optimum sınırlara da geçme olanağı tanınması bu sistemin daha çok kullanılmasını sağlamıştır.

Bu metot ile açık işletme nihai sınırı maksimum net karı verecek şekilde dik kesitler üzerinde bulunur. Bu metodun tercih sebeplerinden birisi; deneme yanılma yolu ile nihai sınır belirlemeyi ortadan kaldırması diğeri de bilgisayar kullanımı için daha uygun olmasıdır. Açık işletme sınırı dik kesitler üzerinde belirlenir. Kesit üzerinde belirlenen sınırlar plan ve haritalara geçirilerek elle revize edilip kontrol edilmelidir. Kesitlerdeki nihai sınır optimum olduğu halde rötuşlanmış nihai sınır optimum olmayabilir (Saydam, 2000).

Şekil 2.1.'de bir maden yatağının blok modelinin düşey kesiti verilmiştir. Her karedeki rakam bulunduğu bloğun bağımsız olarak kazılıp işlenmesinden elde edilecek net değeri göstermektedir.

-2	-2	-4	-2	-2	-1	-2	-3	-4	-4	-3
-5	-4	-6	-3	-2	-2	-3	-2	-4	-5	-5
-6	-5	-7	6	13	-2	-5	-4	-7	-4	-6
-6	-6	-8	-8	17	8	5	-6	-8	-9	-7
-7	-7	-8	-8	6	21	5	-8	-8	-9	-7
-7	-9	-9	-8	-5	22	-8	-8	-8	-9	-8
-8	-9	-9	-9	-8	10	-9	-9	-9	-9	-9

Şekil 2.1. Her bir bloğun net değerini gösteren bir düşey kesit (Kahrıman ,1993)

Problemin çözüm aşamaları aşağıdaki gibidir.

I. Blok değerleri yukarıdan aşağı kümülatif olarak toplanır ve her bloktaki kümülatif değeri o bloğa yazılır (Şekil 2.2.). Bu değerler bir bloktan yukarıya doğru olan blokların toplam değerini göstermektedir.

II. Sol üst köşedeki bloktan başlayarak her sütundan aşağı doğru gidilir. Blok içine o bloğun solunda ki düşey üç bloktan en büyük değeri olana doğru ok çizilir.

- Bir sol ve üstteki blok
- Bir soldaki blok
- Bir sol ve alttaki blok

Her karenin içindeki değer o karedeki okun gösterdiği kare içindeki değer ile toplanır. Bu toplam o karenin üçüncü düşey kesitteki değeridir. Her karenin değeri o blok ve o bloğun sol tarafındaki işletme sınırları içindeki madenin toplam net değerini gösterir.

-2	-4	-2	-2	-1	-2	-3	-4	-4	-3
↖ -2	↖ -4	↖ -2	↖ -2	↖ -1	↖ -2	↘ 2	↘ -1	↘ 13	↘ 10
-6	-10	-5	-4	-3	-5	-5	-8	-9	-8
↖ -8	↖ -12	↖ -9	↖ -6	↘ -3	↘ 5	↘ 3	↘ 17	↘ 8	X
-11	-17	1	9	-5	-10	-9	-15	-13	-14
X	↖ -25	↖ -11	↖ 0	↘ 10	↘ 8	↘ 25	↘ 16	X	X
-17	-25	-7	26	3	-5	-15	-23	-22	-21
X	X	↖ -32	↖ 15	↖ 18	↘ 34	↘ 31	X	X	XX
-24	-33	-15	32	24	0	-23	-31	-31	-28
X	X	X	0	↖ 39	↘ 46	X	X	X	X
-33	-42	-23	27	46	-8	-31	-39	-40	-36
X	X	X	X	↖ 46	X	X	X	X	X
-42	-51	-32	19	56	-17	-40	-48	-49	-45
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Şekil 2.2. Birinci adım sonundaki kesit (Kahriman, 1993)

III. En üst satırdaki en yüksek değer bulunur. Bu değer optimum açık işletme sınırının verdiği toplam net kardan. Örnekte bu değer '13' olarak bulunmuştur. Bu en yüksek değerden geriye doğru okları takip ederek açık işletme sınırı çizilir. Şekil 2.3.'de verilen kesit de açık işletme sınırını göstermektedir. Altıncı satır ve altıncı sütundaki blok yatak içindeki en yüksek değere sahip olduğu halde o blok sınırlar içinde değildir. Çünkü onu üretmek nihai sınır içindeki toplam değeri düşürecektir.

IV.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	-2	-2	-4	-2	-2	-1	-2	2	-1	13	10
2	-7	-8	-12	-9	-6	-3	5	3	17	8	5
3	0	-18	-25	-11	0	10	8	25	16	4	-6
4	-19	-30	-43	-32	15	18	34	31	8	-6	-17
5	-26	-43	-63	-58	0	39	46	23	0	-23	-34
6	-33	-59	-85	-86	-31	46	38	15	-16	-40	-59
7	-41	-75	-110	-117	-67	25	29	-2	-33	-65	-85

Şekil 2.3. Optimum ocak sınırı (Kahriman, 1993)

2.1.2. Korobov Algoritması

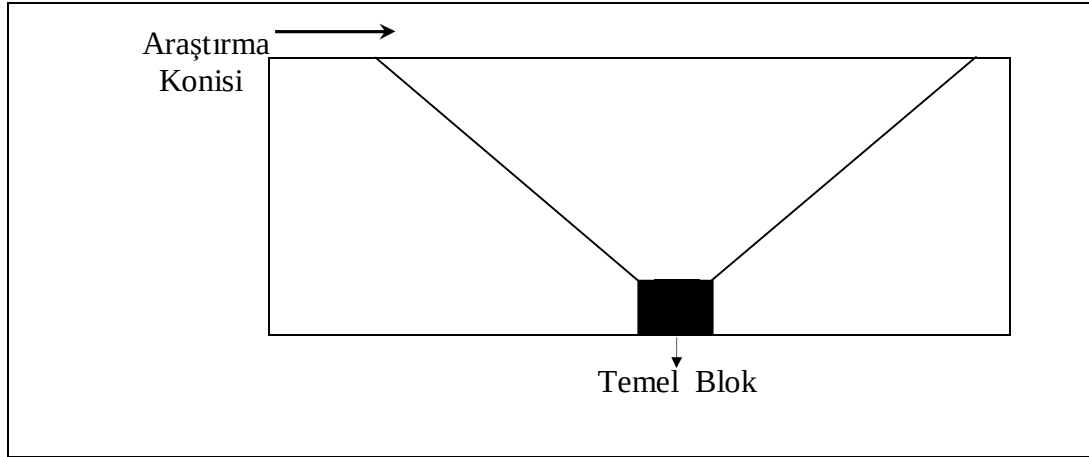
1974 yılında Rus matematikçisi tarafından geliştirilen bu yöntem, daha sonra optimum sonuçtan büyük sapmalar meydana getirdiği gözlemlendikten sonra fazla kullanım olanağı bulmamıştır (Korobov, 1974). Yöntem her türlü şev açısında çalışmakta ve hızlı sonuç üretebilmektedir.

Yöntemin aslı, bloklara ayrılmış bir cevher yatağında, yüzeyden başlayarak tüm pozitif ekonomik değere sahip bloklardan istenilen yöndeki şev açısı uygulanarak yüzeye ulaşınca kadar bir ters koni oluşturulmasıdır. Bu koni içerisindeki tüm bloklar, incelenen bir bloğa ulaşılması için kaldırmak zorunluluğu olan bloklardır. Şekil 2.4.'te sunulan 2 boyutlu örnekte görüleceği üzere tabandaki herhangi bir bloktan yüzeye doğru alınacak blokları belirleyen şev açısı istenilen yönde oluşturulabilir.

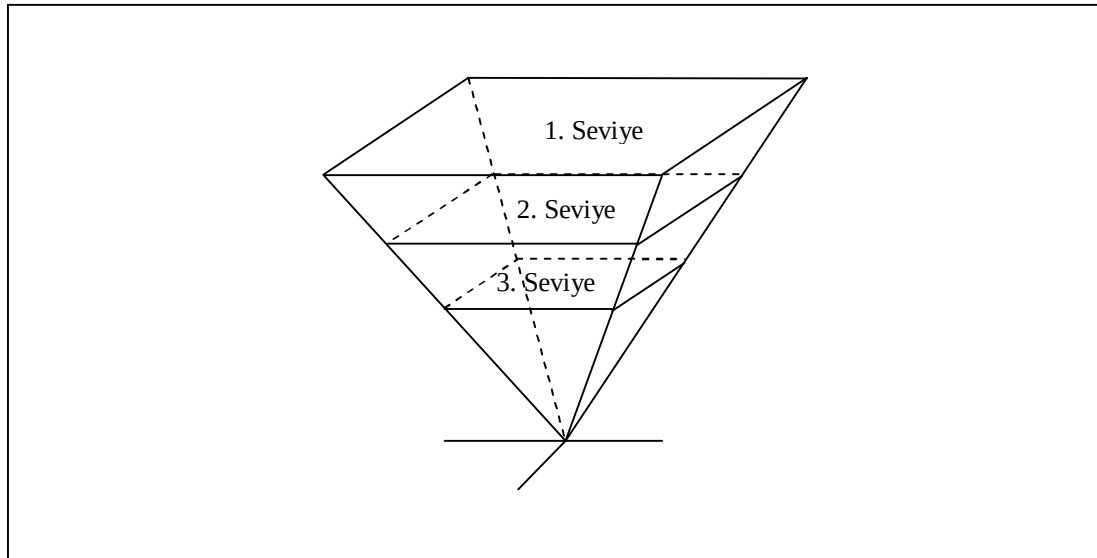
3 boyutlu uzayda ise olay Şekil 2.5.'te gösterildiği gibi açıklanabilir ve asıl kullanılacak şekil budur.

Oluşturulan koniler içerisindeki bloklara pozitif bloklar tarafından ödeme yapılır. Ödeme işlemi sonunda pozitif bloğun (ekonomik değere sahip blok) değeri ödeme miktarı kadar azalır, ödenen blok değeri 0 olarak değişir. Eğer araştırma konisi içerisindeki tüm negatif blok değerlerine ödemeler yapıldıktan sonra, temel blok pozitif olarak kalabiliyor ise bu temel blok ile araştırma konisi üzerindeki tüm

bloklar araştırmadan çıkarılır. Algoritma en üstteki bloklardan, çıkartılan bloklar olmadan araştırmaya devam eder. Araştırma, bölgede pozitif blokların tümü kaldırılincaya kadar devam eder. Her defasında pozitif bir değer ekleneceği için en son nihai sınır maksimum karı verir.



Şekil 2.4. İki boyutlu araştırma konisi (Onur, 1995)



Şekil 2.5. Üç boyutlu araştırma konisi (Onur, 1995)

2.1.3. Düzeltilmiş Korobov Algoritması

Yukarıda anlatılan bazı özel durumlarda hata yapabilmektedir. Şekil 2.6. a, b, c, d, e’de verilen örnekte hatanın nedeni anlatılmaktadır.

Bu örnekte 3 satır ve 6 sütundan meydana gelmiştir. Şekil 2.6.b.'de görüldüğü üzere, eğer ilk pozitif blok (3,3)'den yukarı bir koni oluşturulursa (1,1), (1,2), (1,3), (1,4), (1,6), (2,2), (2,3), (2,4) kaldırılması gereken blokların oluşturduğu bir gruptur. Pozitif temel blok bu grup içerisinde sırası ile (1,1), (1,2), (1,3)'e ödeme yaptığı takdirde 0'a iner (Şekil 2.6.b.). Bir sonraki işlemde pozitif (3,4) üzerinde koni meydana getirerek ödeme yapar. Şekil 2.6.c.'de görüldüğü gibi, koni içerisine pozitif blok tarafından ödeme yapıldıktan sonra değeri +1 olarak kalır. Bu da, bu grup blokların üretilmesi gerekliliğini gösterir. Aslında üretildiği zaman -1 lik değeri destekler ki, ekonomik bir değer değildir. Hata tespit edildikten sonra, bunun giderilmesi sağlanmıştır. Dikkat edilirse herhangi kesişen iki koninin mevcut olması durumunda böyle bir hata gözlenmektedir.

Pozitif bloklar üzerinde inşaa edilen koniler eğer kesişirler ise ödeme önce ortak olmayan bölgeye yapılmalıdır. Bu durum Şekil 2.7.'de açıklanmaktadır. Böylece öncelikle kesişen bloklar tespit edilip, sırası ile birbirlerini kesen bölgeler bulunup ödemeler buralara yapılmalıdır. Bunun en kolay yolu, yanlış ödemeleri bulup bunları ödendikleri yerden kaldırmak ve istenilen yere yeniden atamaktır.

Düzeltilmiş korobov algoritması ile mevcut programların en büyük dezavantajı olan istenilen yönde şev açısı uygulama olanağı sağlanmıştır. Bir matematiksel denklem vasıtası ile ifade edilebilen koni ile istenilen her yönde, hatta değişik seviyelerde farklı formasyonlar göz önüne alınarak şev açısı değişimini sağlamak mümkündür. Yöntemin matematiksel ispatı yapılmış ve doğru sonuç verdiği kanıtlanmıştır. Ayrıca direkt ulaşım ile veriler bilgisayar sabit belleğinden okunup yazılabilmekte, bu da çok büyük boyutlu maden yatakları için kullanım olanağı sağlamaktadır. Üretilen sonuçlar ekranda basamak eşyükselti haritaları, düşey kesit ve sayısal değerler olarak verilmektedir. Böyle bir programın en önemli avantajı, istenilen verilerle programın çalıştırılıp, yeni oluşan durumlara göre, üretebilecek cevher miktarı, dekapaj oranları kısa süreler içerisinde elde edilmesidir. Ayrıca bölgede bulunan, üretim esnasında karşılaşılabilecek zorluklar (sert formasyon, artan su vb.) kazı maliyetini arttırma yönünde programa yansıtılabilir (Onur, 1995).

2.1.4. Koenigsberg'in Üç Boyutlu Dinamik Programlama Algoritması

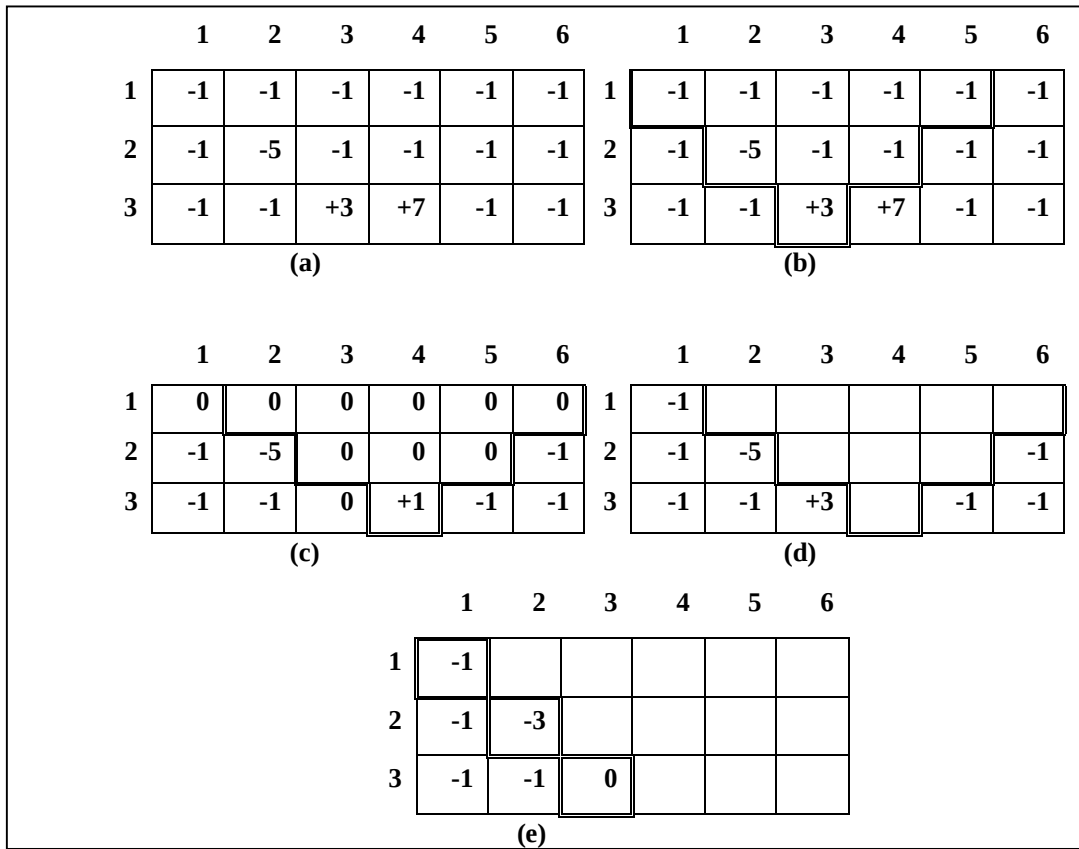
3 Boyutlu dinamik programlama tekniği ile bulunmuş optimum nihai sınır üzerinde elle düzeltme yapmayı ortadan kaldırmak için, Koenigsberg (1982) tarafından yeni bir algoritma geliştirilmiştir. 2 Boyutlu dinamik programlama algoritmasında bir bloktan diğerine geçilirken, bir önceki sütunda bulunan 3 adet komşu blok göz önüne alınırken, Koenigsberg tarafından geliştirilen algorithmada 4 adet komşu sütunda yer alan komşu bloklar gözönüne alınmaktadır. Blok b (i, j, k) ye komşu olan 4 sütunu göstermek için S (Side = Yan, kenar) ve B (Back = Arka) notasyonları kullanılmıştır.

($j-1, k$) sütununda $S_i=i$ 'nin yanı;

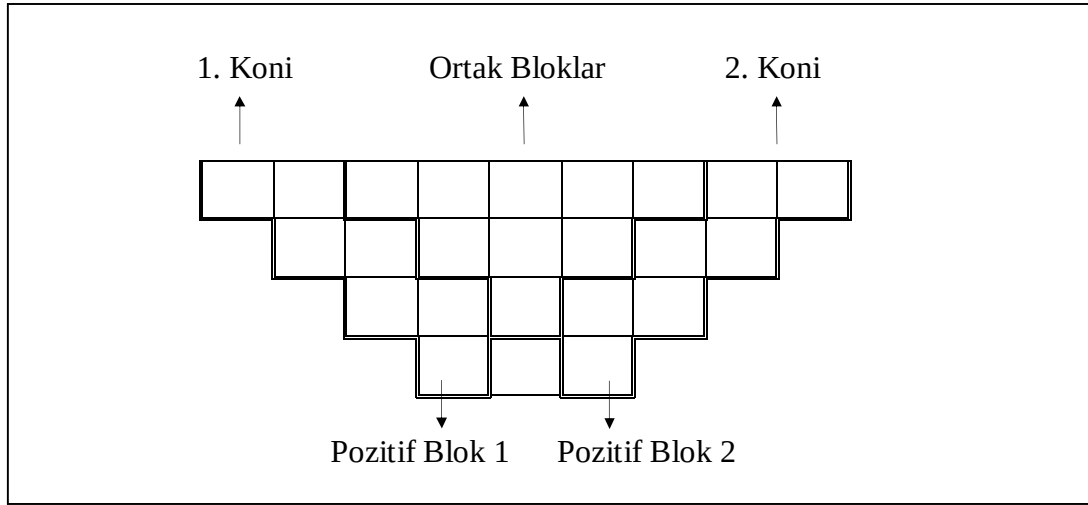
($j-1, k-1$) sütununda $B_{Si}=i$ 'nin yanının arkası;

($j, k-1$) sütununda $SBS_i=i$ 'nin yanının arkasının yanı;

($j+1, k-1$) sütununda $SSBS_i=i$ 'nin yanının arkasının yanının yanı.



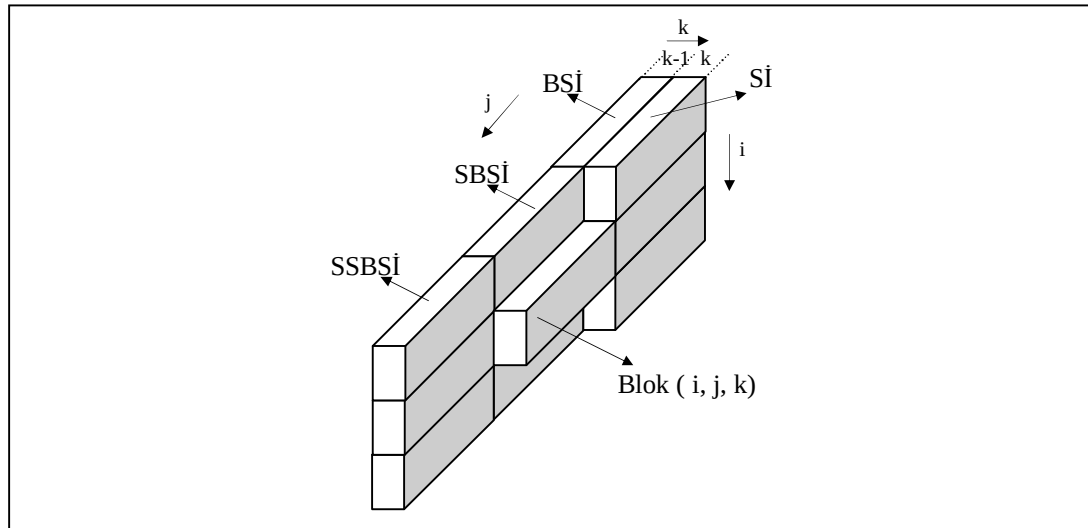
Şekil 2.6. Hata kaynağını açıklayan örnek (Onur, 1995)



Şekil 2.7. Blokların kesişimi (Onur, 1995)

Eğimin 1:1 olduğu düşünüldüğünde, bu eğimin sağlanabilmesi için aşağıdaki şartların sağlanması gerekmektedir:

$$\begin{array}{ll}
 |i-Si| \leq 1 & |Si-BSi| \leq 1 \\
 |i-BSi| \leq 1 & |Si-SBSi| \leq 1 \\
 |i-SBSi| \leq 1 & |BSi-SBSi| \leq 1 \\
 |i-SSBSi| \leq 1 & |SBSi-SSBSi| \leq 1
 \end{array}$$

Şekil 2.8. Blok (i, j, k) 'ya komşu 12 bloğun konumları (Yalçın, 1991)

$P_{i,j,k}$ 'nın optimum değeri için, $(j-1, k)$ sütunundaki 3 komşu kattan en az birisi S_i 'dir, aynı durum $(j-1, k-1)$ sütunu içinde geçerlidir. Blok $b_{i,j,k}$ için aşağıdaki tanımlamalar yapılmıştır;

(i,j,k) = Blok tanımlayıcı,

$P_{i,j,k}$ = Bloğun optimum değeri,

S_i = $(j-1, k)$ sütunundaki komşu blok,

BS_i = $(j-1, k-1)$ sütunundaki komşu blok,

B_i = $SBS_i = (j, k-1)$ sütunundaki komşu blok,

$SSBS_i = (j+1, k-1)$ sütunundaki komşu blok.

Bir blok için aynı $P_{i,j,k}$ optimum değerini veren değişik blok setleri olabilir. $(j-1, k)$ sütunundaki S_i blokları için $P_{S_i,j,k}$ değerini ve bu değeri veren blok setinin bulunduğu kabul edildiğinde, eğer S_i bloklarından birisi $P_{i,j,k}$ optimum değeri için komşu olmak zorunda ise, bu durumunda $S(S_i)$ ve $BS(S_i)$ blokları ile BS_i bloğu arasında şu şartlar sağlanmalıdır:

$$|BS_i - S(S_i)| \leq 1$$

$$|BS_i - BS(S_i)| \leq 1$$

Eğer $BS_i \neq SBS(S_i)$ ise, bu durumda $(j-1, k-1)$ sütununda yukarıdaki şartları sağlayan alternatif blok aranır. Alternatif bloğun seçilmesi durumunda, $P_{i,j,k}$ değerinin hesaplanması için $P_{S_i,j-1,k}$ değerinden $P_{SSBS_i,j-1,k-1}$ değeri çıkarılmalı ve $P_{i,j-1,k-1}$ değeri ilave edilmelidir. Burada i' , alternatif olarak seçilmiş olan katı belirlemektedir. Eğer bir blok $P_{i,j,k}$ optimum değerini sağlayan bir önceki blok değilse, bu bloktan önce gelen diğer bloklar sete dahil edilmez.

$$P_{i,j,k} = \sum M_{i,j,k}$$

Aynı yöntem $P_{i,j,k}$ değerini sağlayan SBS_i ve $SSBS_i$ bloklarının bulunmasında da kullanılır.

Blok $b_{i,j,k}$ üzerindeki $P_{i,j,k}$ optimum değeri için aşağıdaki eşitlik yazılabilir:

$$P_{i,j,k} = M_{i,j,k}$$

Burada;

$P_{i,j,k}$ = blok $b_{i,j,k}$ için optimum ocak net değeri,

$M_{i,j,k}$ = blok $b_{i,j,k}$ için toplam sütun değeri,

$P_{Si,j-1,k} = (j-1, k)$ sütunundaki komşu bloklardan birisi için ocak net değeri,

$P_{SBS(Si),j-1,k-1} = P_{Si,j-1,k}$ değerinin hesaplanması sırasında $(j-1, k-1)$ sütununda yer alan optimum komşu blok için ocak net değeri ,

$P_{BSi,j-1,k-1} = (j-1, k-1)$ sütununda yer alan ve blok $b_{i,j,k}$ ve blok $b_{BSi,j-1,k}$ ile uyum içinde olan optimum komşu blok $b_{SBS(Si),j-1,k-1}$ için ocak net değeridir.

Eşitlik 4'teki terimler de, aynı yolla bulunmuş olan optimum komşu bloklar için ocak net değerleridir. Eşitliklerdeki negatif terimler, şev açısını ve bloklar arasındaki uyumu sağlamak için gereken düzeltmelerdir. Buradaki düzeltmeler $(k-1)$ kesitindeki bloklar için bulunmuş olan ocak net değerlerini ifade etmektedir. $(k-1)$ kesitindeki düzeltmeler, $(k-2)$ kesitindeki düzeltmeleri, bu da $(k-3)$ kesitindeki düzeltmeleri gerektirebilmekte ve bu işlem $(k=1)$ oluncaya kadar devam edebilmektedir. Bu durum, 4 tane komşu sütunda seçilen blokların gerekli şev açısını sağlamak için uyum içinde olmalarını engelleyebilmektedir (Wright, 1987).

Koenigsberg'in algoritmasında $P_{i,j,k}$ değeri kat, sütun ve kesit sırasını takip ederek bütün bloklar için hesaplanır. Bu işlemin sonucunda, $b_{i,j,k}$ bloğu için şu değerler bilinmektedir:

$P_{i,j,k}$, S_i , B_{Si} , SBS_i ve $SSBS_i$.

$P_{O,J,K}$ değerinden başlayarak geriye doğru gidilir ve belirtilmiş olan komşu bloklar takip edilerek optimum nihai sınır bulunmuş olur. $P_{O,J,K}$ değeri, bütün şartların yerine getirilmesinden sonra cevher yatağından elde edilen optimum net değerdir.

2.1.5. Optimum Ocak Sınırlarının Tespitinde Geleneksel Yöntem

Optimum ocak sınırlarının tespitinde, bilgisayar yazılımlarının bulunmadığı veya imkanların yetersiz olduğu durumlarda sondajlardan alınan verilerin manuel şekilde hesaplanmasını sağlayan formüllerde bulunmaktadır. Bunlardan en çok rağbet gören ve halen daha kullanılmakta olan geleneksel yöntem örtü-kazı oranı mantığı ile çözüme ulaşılan yöntemdir.

Bu yöntemde açık işletme toplam maliyetinin yer altı üretim maliyetine eşitleyen dekapaj oranı esas alınır ve tespit edilen bu oran dahilinde ocak sınırları tespit edilerek uygun görülen bölgelerde faaliyete geçilir.

Bu yöntemi formülize edecek olursak;

$$K_e = M_y - M_a / M_d$$

$$K_e = M_{\text{ş}} - (M_a / M_d)$$

Burada;

K_e =Ekonomik dekapaj oranı;

$M_{\text{ş}}$ =Cevherin satış fiyatı, YTL/t

M_k =Belirlenen bir kar marjı, YTL/t

M_y =Yer altı üretim maliyeti, YTL/t

M_a =Açık işletme üretim maliyeti, YTL/t

M_d =Dekapaj maliyeti, YTL/m³, ü temsil etmektedir.

Bu yöntem ekonomik ve dinamik kriterlere bağlı olup;

- § Cevherin ve yan formasyonun jeoteknik özellikleri,
- § Hidro-jeolojik şartlar,
- § Üretim ve dekapaj maliyetleri,
- § İşletmede uygulanan mekanizasyon düzeyi ve üretim ölçeği,
- § Cevherin cinsi ve tenörü,
- § Piyasa şartları

gibi kriterlerden birebir etkilenmektedir.

2.2. Afşin-Elbistan Termik Santralı Kömür Ocaklarına İlişkin Önceki Çalışmalar

Afşin-Elbistan linyit havzasında tez çalışmamızla ilgili daha önce yapılmış çalışmalar kronolojik sırayla aşağıda verilmiştir.

Önen (1936) tarafından bölgedeki ilk çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Sivas, Malatya, Kahramanmaraş ve Gaziantep illeri civarındaki linyit yataklarını incelemiş ve Kahramanmaraş ili çevresinde dört ayrı yerde kömür oluşumunun bulunduğunu, ancak bunların ekonomik değere sahip olmadıklarını belirtmiştir.

Otto-Gold (1969) Müşavir-Mühendislik firması olarak Alman teknik yardımı çerçevesinde Afşin-Elbistan linyitlerinin varlığına ve daha sonra da fizibilitesine yönelik ayrıntılı çalışmalar yapmıştır. Bu amaçla 1966-1969 yılları arasında linyitlerin aranması, oluşumu, yayılımı, rezervi ve özelliklerine yönelik arazi, sondaj, analiz ve benzeri çalışmalarla Afşin-Elbistan linyitlerinin fizibilite etütlerini gerçekleştirmiştir.

Rheinbraun Consulting (1976) tarafından hazırlanan Kışlaköy Açık İşletmesi üretim planlaması ve rezerv hesaplaması raporunda, Kışlaköy sahasında 1.576×10^6 m³ örtü + arakesme ve $577,9 \times 10^6$ ton linyit olduğunun belirtmektedir.

Aydoğan (1978) Elbistan-Çöllolar sektöründe daha önce varlığı saptanan linyit yatağının fizibilite çalışmalarında 245 adet sondajın yapıldığını ve bu sondaj verilerine göre kömür kalınlığının doğudan batıya ve kuzeybatıya gidildikçe azaldığını belirtmiştir.

Kılıç (1996) tarafından Kışlaköy sahasında stabilite analizleri yapılmıştır. Bu analizlerde kullanılan makaslama dayanım parametreleri Çizelge 2.1. verilmiştir. Sahadaki şevlerin stabilitesi için en önemli tabakanın, içsel sürtünme açısı ve kohezyonu en düşük linyitin hemen altındaki kil tabakasının olduğu, bu tabakanın su ile birleştiğinde çok kritik bir hal aldığı vurgulanmıştır. Ayrıca kömür tabakası üstündeki birkaç metrelik kaliç olarak adlandırılan tatlı su kalkerlerinin döner kepçeli ekskavatörlerin çalışma performansını olumsuz etkilediği belirtilmiştir. Sahanın yeraltı ve yerüstü suyu bakımından zengin olduğu ve stabiliteyi olumsuz etkileyecek birkaç akiferin (Kuvaterner, Gidya, Karstik Kireçtaşı, Kızıldağ Akiferleri) bulunduğu, bu akiflerin bulunduğu basamakların mutlak suretle drenaj kuyuları vasıtasıyla yeraltı suyunun drenajının sağlanması gerektiği ifade edilmiştir.

Ural (1999) tarafından, Afşin-Elbistan (A) Termik Santrali'nin performansının düşük olmasının nedenleri araştırılmış ve bu nedenlerin birisi de yakıt olarak kullanılan linyitlerin kalitesini belirleyen sınırlayıcı parametrelerin yetersizliği olarak belirlenmiştir. Satılabilir kömürün kalitesini belirleyen en önemli iki sınırlayıcı parametre Afşin-Elbistan linyitlerinin dayanım özellikleri ve ısı değeri ile kül oranı arasındaki orantıdır. Linyitlerin dayanımlarını belirleyebilmek için

düzeltilmiş darbe dayanım deneyi adı verilen bir yöntem geliştirilmiştir. Afşin-Elbistan linyitlerinin darbe dayanım değerleri % 9,8 ile % 56 arasında değişmektedir.

Çizelge 2.1. Çöllolar sektörü Doğu Şevi birimlerinin kayma mukavemeti parametreleri (Kılıç, 1996)

Zemin Cinsi	Kohezyon (kPa)	İçsel Sürtünme Açısı($^{\circ}$)	Doğal Birim Ağırlık(kN/m ³)
Alüvyon	41,4	25	18,1
Marn	51,8	21,6	17,9
Mavi Kil	77,5	18	17,3
Linyit	190	29	16,0
Kil	35,6	7	15,8
Taban Kili	25,7	15,7	16,6

Satılabilir linyitlerin ortalama darbe dayanım değeri % 45 ve varyansı da % 4 olmalıdır. Bu nedenle farklı özelliklere sahip linyitlerin harmanlanması gerektiği tespit edilmiştir.

Kılıç ve Onur (2001) tarafından Afşin Elbistan Linyitleri Kışlaköy açık işletmesinin iç döküm sahası ile ilgili dinamik duraylılık analizleri, bölgenin deprem önemi de dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir. Geliştirilen dinamik duraylılık hesaplama programları ile, üç değişik su durumu ve deprem etkisi göz önüne alınarak “Bishop, Carter, Sarma” yöntemleri kullanılarak analizler yapılmıştır. Bu hesaplamalar sonucunda döküm sahası şevinde bütün olasılıklar ve deprem katsayısının hesaba katılması durumunda bile herhangi bir kayma tehlikesinin olmadığı tespit edilmiştir.

Yüksel (2004) Afşin-Elbistan havzasındaki linyit ve örtü tabakalarının mühendislik özelliklerini inceleyerek örtü tabakasını normal konsolide killer ve siltli killerden oluştuğunu bildirmektedir.

Yayla (2005) Afşin-Elbistan A (Kışlaköy) açık işletmesinin optimum ocak sınırları belirlenerek şu sonuçlar bulunmuştur. Teknik ve ekonomik parametrelerin işletmede gerçekleşen fiili değerleri dikkate alınarak hazırlanan, kömür satış fiyatının 6,85 YTL/ton ve yoğunluğunun 1,4 olarak alındığı birinci seçenekte açık

ocak sınırlarında önemli bir değişiklik olmadığı ve üretilebilecek kömür miktarının, yoğunluğun değişmesi nedeniyle, %12 oranında arttığı görülmüştür. Örtü kazı oranı ise 2,26 ton/m³ değerine inmiştir.

Kömür satış fiyatının 8,41 YTL/ton ve yoğunluğunun 1,4 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 ton/m³ değerinden 2,49 ton/m³'e yükselmiştir. Tahmini elektrik üretim maliyeti ise %8 artmıştır.

Kömür satış fiyatının 14,77 YTL/ton ve yoğunluğunun 1,4 olarak alındığı seçenekte ise, optimum ocak sınırları D Sektörünün de bir kısmını içine almış ve üretilebilecek kömür miktarı, ikinci seçeneğe göre, %37 oranında artmıştır. Örtü-kazı oranı da %13 oranında artarak 2,49 ton/m³ değerinden 2,81 ton/m³'e yükselmiştir. Tahmini elektrik üretim maliyeti ise %30 artmıştır.

Çizelge 2.2. Farklı seçeneklere göre üretilebilecek linyit ve örtü kazı miktarları (Engin,2005)

	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 ³)	1,25	1,40	1,25	1,40	1,25	1,40
Üretim miktarı (m ³) x1000	318.600	318.600	532.000	532.000	731.000	731.000
Üretim miktarı (ton) x1000	398.250	446.040	665.000	744.800	913.750	1.023.400
Örtü-kazı miktarı (m ³) X1000	1.008.000	1.008.000	1.850.625	1.850.625	2.871.225	2.871.225
Örtü-kazı oranı (m ³ /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 (Ykrş/kWh)	4,44	4,38	4,82	4,73	6,45	6,14

*Bu seçenek fizibilite projesinde öngörülen rakamlara göre değerlendirilmiştir.

** Bu seçenek fiili olarak gerçekleşen rakamlara göre değerlendirilmiştir.

Dağ (1997) Açık işletme yönteminde bilgisayar destekli üretim planlaması, Afşin-Elbistan linyit işletmesi Çöllolar sahasına uygulaması sonucunda, yaklaşık 510 milyon ton kömür, 4,66 m³/ton örtü kazı oranı ile 300 m³/saat kapasiteli 9 döner kepçeli ekskavatörle ancak 31 yılda üretimi yapılabilecektir. Kömür üretimine ancak 3. yıldan sonra başlanabilecektir. Çöllolar sahasında 20 milyon tonluk tam kapasiteli üretim ancak 8. yıldan sonra gerçekleştirilebilecektir. Geliştirilen program elde edilen bu sonuçlarla, bu işletmede üretilen linyitle beslenecek olan elektrik santrali ünitelerinin hangi zaman periyodunda faaliyete geçirilmesi, kazı makineleri için işletmenin hangi periyodunda yatırımların yapılması, dış döküm ve iç döküm planlamasında, kısa ve orta vadeli üretim planlarında alınacak olan kararlara ışık tutabilecektir.

Dağ ve Anıl (1995) Afşin Elbistan Linyit İşletmesi Çöllolar sektörünün optimum açık işletme sınırının belirlenmesi , (1996) Afşin Elbistan Linyit İşletmesi Çöllolar Açık İşletmesi ilk kazı noktasının belirlenmesi, (1998) Afşin-Elbistan Linyit Çöllolar Açık İşletmesi kazı sırasının belirlenmesi üzerine yayınları bulunmaktadır.

Dağ (1997) Günümüze kadar Çöllolar sahasında rezerv tespiti ile ilgili yapılan çalışmalar ve elde edilen sonuçlar Çizelge 2.3 verilmiştir.

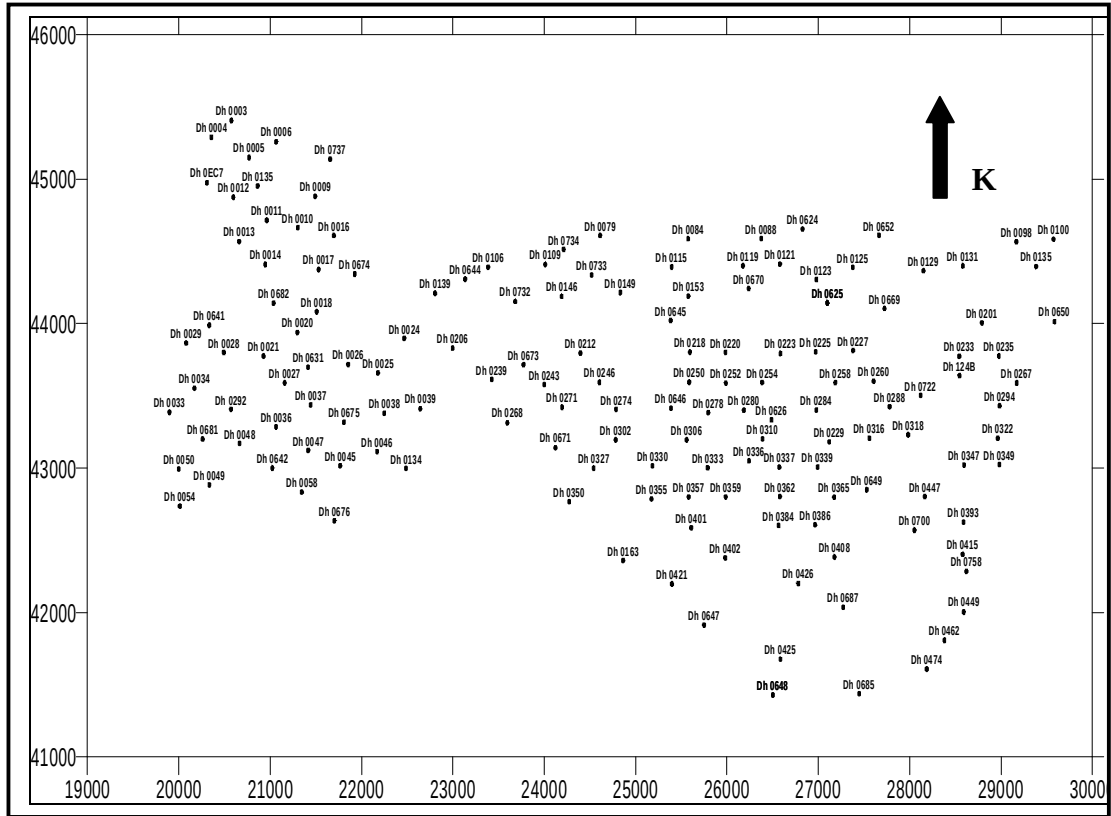
Çizelge 2.3. Çöllolar Sahasında yapılan rezerv tespit çalışmaları ve elde edilen sonuçlar (Dağ,1997).

	Dr. Otto Gold (1969)	MTA (1978)	TKİ (1979)	TKİ (1991)
Hesap değer				
Sondaj sayısı	41	256	238	305
Üretilbilir Rezerv (ton) *10 ⁶	850	891.1	919.1	1.121.4
Dekapaj Kömür Oranı (m ³ /ton)	2.23	2.64	2.59	5.96
Yoğunluk (ton/ m ³)	1-1.3	1.1	1.2	1.2

3. MATERYAL VE METOD

3.1. Materyal

Sahada 1962 - 1967 yılları arasında MTA genel müdürlüğü tarafından gerçekleştirilen 255 adet karotlu sondaja ait kuyu bilgileri kullanılmıştır. Bu sondajlardaki karot verimi %92 - %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.

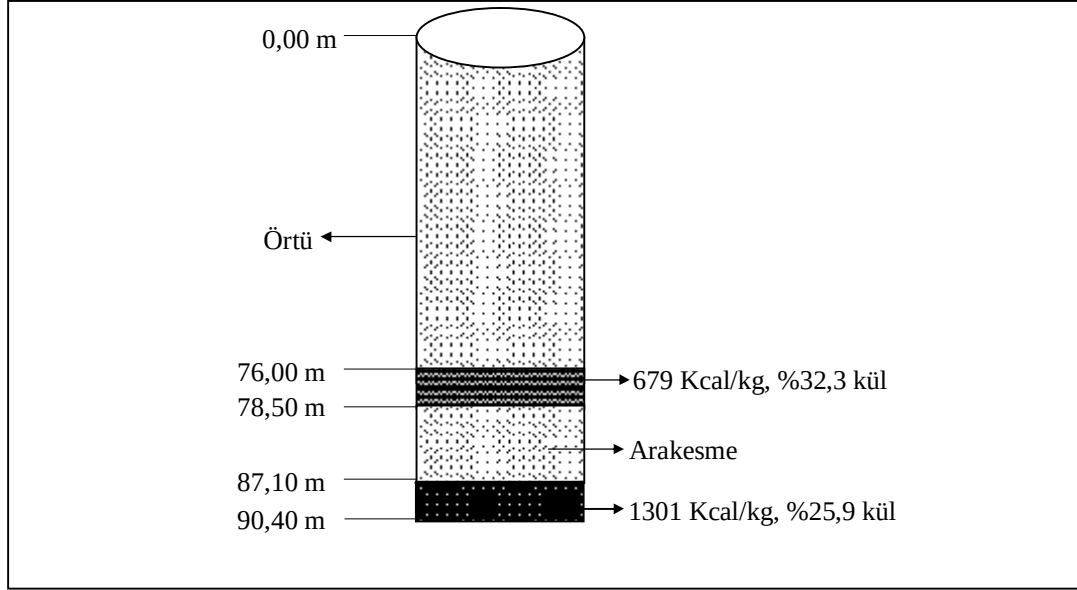


Şekil 3.1. Sondaj lokasyon haritası (MTA)

Sahanın topoğrafyası da yazılıma ayrı bir dosya olarak tanıtıldıktan sonra, kriging yöntemi ile bloklara değerleri atanarak sahanın blok modeli üretilmiştir. Daha sonra yoğunluk, örtü-kazı ve kömür üretim maliyetleri, her bir bloğun, üretim maliyeti, ve parasal değeri dikkate alınarak, sahanın ekonomik modeli

oluşturulmuştur. Son olarak yazılıma olası nihai şevlerin değişik yönlerdeki genel eğim açıları girilerek pozitif hareketli koni yöntemi ile optimum ocak sınırları elde edilmiştir.

Burada karotlu sondaj kuyuları ile ilgili bilgileri daha ayrıntılı bir şekilde verecek olursak;



Şekil 3.2. 971 No'lu Sondaj kuyusu kesiti (Ölçeksiz)

Çizelge 3.1. Sondaj kuyuları koordinat bilgileri

Kuyu No	X Koor.	Y Koor.	Z Koor.	Maden Yatağı Eğimi	Kuyu Eğimi	Kuyu Derinliği
1 Dh 971	44559,80	32081,90	1216,50	0,00	-90,0	90,4

Çizelge 3.2. Sondaj kuyu bilgileri

Kuyu No	Giriş Derinliği	Çıkış Derinliği	Isıl Değer /Kül Oranı
3 Dh 971	0,00	76,00	-,99
3 Dh 971	76,00	78,50	21,02
3 Dh 971	78,50	87,10	-,99
3 Dh 971	87,10	94,00	50,23

3.2. Metod

3.2.1. Kriging Yöntemi İle Jeolojik Blok Modelinin Hazırlanması

Jeoistatistiğin temelini “Bölgesel Değişken Teorisi” oluşturur. Sondaj ile elde edilen herhangi bir örnek, bölgesel bir değişkendir, diğer bir deyişle incelenen zonda diğer örnekler ile gözle görünür bir yapısal ilişki içerisinde. Ancak bölgesel değişkenin önemli özelliği rast gele olmasıdır. Bölgesel değişkenler, istatistiksel varyans analizi ve bunun “Variogram” olarak adlandırılan grafiksel bir gösterimi ile belirlenir. Variogram, bir kömür yatağı içerisinde mesafeye karşı kömür özelliklerinin değişimini gösterir. Kömür özelliklerinin varyansının fonksiyonu γ (gamma) olarak adlandırılan aşağıdaki ifade ile açıklanabilir:

$$2\gamma = \frac{\sum_{x=1}^n (D_x - D_{x+h})^2}{n} \quad (3.1.)$$

Burada; n örnek sayısı, D_x herhangi bir x noktasındaki değer, D_{x+h} ise D_x noktasından h mesafesi kadar uzaklıkta olan örneklerin değeri, h ise örnekler arasındaki uzaklıktır.

Pratikte bir variogram aşağıdaki gibi belirlenir:

- Herhangi bir örnek ile, bölge içerisindeki diğer tüm örnekler arasındaki mesafe ölçülür veya hesaplanır.
- $(D_x - D_{x+h})^2$ terimi her değişik mesafe aralığı için hesaplanır (Örneğin 25, 50, 75, 100, 125 m gibi). Mesafeler arasındaki fark gereğinden az tutulursa her bir aralık için yeterli sayıda örnek mevcut olmaz. Genellikle $n > 30$ olumlu sonuç verir.
- İlk iki aşama geride kalan tüm sondajlar için tekrarlanır ve aynı h mesafesi içerisindeki tüm $(D_x - D_{x+h})^2$ terimleri toplanır.
- Bütün sondajlar bu şekilde analiz edildikten sonra bir önceki aşamada toplanan değerleri 2n değerine bölerek h mesafesine bağlı γ hesaplanır ve h'a karşı γ grafiksel olarak gösterilir. Farklı deneysel variogramların davranışlarını tarifleyen olasılık fonksiyonlarını temsil eden bir kaç değişik matematiksel model vardır. Ancak bunlardan en çok kullanılanı küresel modeldir.

Variogramların en büyük özellikleri herhangi bir kömür yatağının yapısal değişimi ve jeolojisi hakkında çok detaylı bilgi vermesidir. Genellikle aşağıdaki bilgileri sunarak bu özelliği sağlarlar.

- Kömürleşmenin devamlılığının bir ölçüsüdür. Çizilen variogramlarda herhangi bir değişken için variogramın yavaş ve düzenli olarak artması stratiform tipli düzenli oluşumların bir göstergesidir. Kömürleşme üniform bir devamlılık derecesi gösterir. Variogramda ani yükselişler ve eğimin dik olması bölgesel olarak kömür özelliklerinde farklılıklar olduğunu ortaya koyar.

- Bir değişkenin etki alanının ölçüsüdür. Herhangi bir değişkenin etki mesafesi ne kadar uzun olursa değişkenlerin daha fazla mesafelerde etkili olduğunu belirtir. Bunun anlamı geliştirme sondajları açılacağı zaman sondaj lokasyonlarının yeri hakkında ayrıntılı bilgi vermesidir.

- Kömürleşmedeki eğilimlerin veya yataktaki anizotropinin ölçüsüdür. Bazı durumlarda yatağın değişik yönlerdeki etki mesafeleri farklı olabilir. Bu durumun varlığı farklı yönlerde variogramlar oluşturularak bulunabilir. Elde edilen bu variogramlar sayesinde, yatak içerisinde davranışı tespit edilen kömür için, istenilen boyuttaki üretilebilir bloklara bilinen sondaj değerleri kullanılarak tahmin yapılabilir.

Jeoistatistik teknikleri kullanılarak en az hata ile blokların tahmin edilmesi işlemine “Kriging” denir. Kriging, istenilen bir noktanın veya bloğun çevresindeki sondajların ağırlıklı etkilerini bularak, tahmin hatasını en aza indireyen bir yöntemdir. Kriging ile tahminde sırası ile yapılması gerekli olan işlemler aşağıda verilmiştir:

- Örnek i ve j ler arasındaki kovaryans σ_{ij} 'leri hesaplanır. Eğer örnek olarak küresel bir variogram modeli kullanılıyorsa kovaryans $\sigma_{ij} = C_0 + C_1 - (h)$ şeklinde hesaplanır.

- $\sigma_{A,xi}$, bilinmeyen nokta ile diğer tüm bilinen sondaj değerleri arasındaki kovaryans hesaplanır. Bunun için aranan nokta ile bilinen bölge arasındaki h uzaklığı hesaplanarak, küresel variogram grafiğinden bu uzaklığa karşılık gelen değer kolayca bulunur.

• Birbirinden etki mesafesinden daha büyük uzaklıkta olan değerler hesaplama dan çıkarılır.

• n etki alanı içerisinde kalan örnek sayısı olmak üzere, n+1 bilinmeyi ve n+1 denklemleri olan bir sistem elde edilir (Journel ve Huibregts, 1991).

$$|\Sigma| |A| = |D| \quad (3.2.)$$

$$\Sigma = \begin{vmatrix} \sigma_{11} & \sigma_{12} & \sigma_{1n} & 1 \\ \sigma_{21} & \sigma_{22} & \sigma_{2n} & 1 \\ . & . & . & . \\ \sigma_{n1} & \sigma_{n2} & \sigma_{nn} & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 0 \end{vmatrix} \quad A = \begin{vmatrix} a_1 \\ a_2 \\ . \\ a_n \\ \mu \end{vmatrix} \quad D = \begin{vmatrix} \sigma_{Ax_1} \\ \sigma_{Ax_2} \\ . \\ \sigma_{Ax_n} \\ 1 \end{vmatrix} \quad (3.3.)$$

Bu sistemden $|A|$ katsayılar matrisi çekilirse

$$|A| = |\Sigma|^{-1} |D| \quad (3.4.)$$

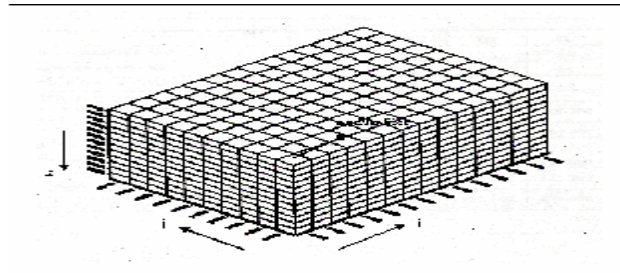
elde edilir. Burada; m hatanın minimuma indirilmesinde kısmi türev alınırken ortaya çıkan bir Lagrange sabitidir. Aşağıdaki

$$\sum_{i=1}^n a_i = 1 \quad 0 \leq a_i \leq 1 \quad (3.5.)$$

özellği taşıyan ağırlık katsayıları hesaplandıktan sonra bilinmeyen bir noktanın değeri:

$$A = D_1 a_1 + D_2 a_2 + D_3 a_3 + \dots + D_n a_n \quad (3.6.)$$

olarak ortaya çıkar. D_i 'ler etki mesafesi içerisindeki bilinen değerlerdir. Yukarıdaki işlemler tüm sondaj değerleri için tekrarlanarak (3.3.) nolu ifadedeki matris her bir tahmin noktası için çözülür. Yapılması gerekli olan işlemlerin çokluğu ve karmaşıklığından dolayı kriging ancak bilgisayar yardımı ile uygulanabilen bir yöntemdir.



Şekil 3.3. Üç boyutlu jeolojik blok modeli

3.2.2. Maden Yatağının Ekonomik Modelinin Oluşturulması

Kriging yöntemi ile jeolojik modeli oluşturulmuş olan blokların parasal değerleri aşağıda verilen genel eşitlik kullanılarak hesaplanmaktadır.

Eğer blok tenörü, sınır tenöründen büyük ise:

$$ND = A.G.T.P_m.P_o - B.P_o.T - C.T \quad (3.7)$$

Eğer blok tenörü, sınır tenöründen küçük ise:

$$ND = -C.T \quad (3.8)$$

Burada,

ND = Blok net değeri, YTL,

A = Birim konsantre satış fiyatı, YTL/ton,

G = Blok tenörü, %,

T = Blok tonajı, ton, ($T_1 \times DE$),

T_1 = Blok hacmi, m^3 ,

DE = Cevher yoğunluğu, ton/ m^3 ,

P_m = Cevher kurtarma randımanı, %,

B = Konsantre zenginleştirme maliyeti, YTL/ton,

C = Cevher üretim maliyeti, YTL/ton.

Cevher yatağının kesitlere ayrılması ve kesitler üzerinde blokların oluşturulması sırasında göz önünde bulundurulması gereken bazı hususlar vardır. Bunlardan en önemlisi, cevher yatağından alınmış olan kesitler üzerinde oluşturulacak sütun sayısının saptanmasıdır. Kesit üzerinde, yüzeyden başlayarak alt katlara inen optimum açık işletme sınırının tekrar yüzeye çıkabilmesi için, kesitin her iki tarafında bulunması gereken ve cevher içermeyebilen bloklardan oluşan sütun sayısının çok hassas bir şekilde saptanması gerekmektedir. Eğer sütun sayısı gereken sayıdan az olursa, kesitin bir kenarından başlayarak alt katlara inen açık işletme sınırı, kesitin diğer tarafından tekrar yüzeye çıkamayacak ve istenen şev açısı tutturulamayacaktır. Sütun sayısı gereken sayıdan fazla olması durumunda ise toplam blok sayısı, olması gereken blok sayısından çok fazla olacak ve yazılımın çalışması sırasında gerekli olan bellek miktarı ve bilgisayar zamanı boş yere artacaktır. Bunu basit bir örnekle açıklamak gerekir ise; 60 kat, 20 kesit, ve 80 sütundan oluşan bir cevher yatağının içerdiği blok sayısı 96000 iken ($60 \times 80 \times 20$), sütun sayısının 80

yerine 90 alınması durumunda cevher yatağının içerdiği blok sayısı 108000 olmaktadır. Aradaki fark olan 12000 blok gereksiz yere işleme katılmış olmaktadır. Kesit sayısının saptanması sırasında da aynı durum söz konusu olmaktadır. Yazılımın çalışması sırasında oluşturulan ve cevher yatağının uzunlamasına kesitini temsil eden matriks üzerinde, açık işletme sınırının yüzeyden başlayarak tabana kadar inmesi ve tekrar yüzeye çıkabilmesi için, uzunlamasına kesitin başlangıç ve son kısımlarında da yeterli sayıda sütun yer almalıdır.

3.2.3. Pozitif Hareketli Koni Tekniği

Hareketli koni algoritması; ocak kazısının simülasyonu ile etkilenmiş ocak dizaynının belirlenmesi anlamındadır. Simülasyon için temel element minimum hareketli konidir. Hesaplama aşağıdaki gibidir:

1. Hesaplamak için yüzeyden başlanır ve cevher blokları araştırılır. Cevher blokları genellikle net değerli pozitif bloklar olacaktır. Her karedeki rakam bulunduğu bloğun bağımsız olarak kazılıp işlenmesinden elde edilecek net değeri göstermektedir.

2. Bu gibi cevher blokları üzerinde minimum hareketli koniler yaratılır.

3. Şayet verilen koni içerisinde yer alan bütün blokların blok toplam net değeri (araştırma içerisindeki cevher bloğu dahil olarak) pozitifse bu bloklar dikkate alınarak koni hareket ettirilir.

4. Blok model içerisindeki bütün cevher blokları taranıncaya kadar devam edilir.

5. Uygun işletme, bütün pozitif değerli konilerin kalan hareketlerinden oluşur.

İşlemin amacı;

§ Bir cevher bloğuna, bu bloğu işletebilmek için yerinden oynatılması gerekmeyen steril kısmın masraflarını hiçbir şekilde yüklenmemek,

§ Cevheri alabilmek için kaldırılması gereken steril kısmın dekapaj maliyetini olduğu gibi işletme ve zenginleştirme maliyetlerini de karşıladıktan sonra geriye belirli bir kar bırakan her bloğu işletme sınırları içerisine dahil etmektir.

Bu amacın nasıl gerçekleştirildiği sayısal birer örnekle açıklanmaya çalışılmıştır. Bu örnekleri aşama aşama inceleyecek olursak;

a) Sistemin çözümünde ilk aşama sahanın bloklara ayrılarak, bu blokların ekonomik değerinin atanmasıdır (Şekil 3.4.a).

b) Amaç daima pozitif değerdeki blokları almaktır. Pozitif değerli bir bloğu üretmek için, çıkarılması gereken blokların değerinin bu bloktan fazla olmaması gerekmektedir. Yani çıkarılacak negatif değerlikli blokların masrafını karşılayacak pozitif değerlikli bloklar olmalıdır. Yüzeydeki (1,6) no'lu '+1' değerli blok herhangi bir negatif bloğa bağımlı olmadan çıkarılabileceğinden işaretlenerek ayrılır (Şekil 3.4.b).

c) Geriye kalan bloklardan yüzeydeki negatif blokları kaldırma masraflarını karşılayabilecek bir kilit blok seçimi yapılabilir. Burada (2,4) no'lu '+4' değerli blok (koni şeklinin birer blok kaydırarak elde edildiği düşünülürse) üstündeki (1,3), (1,4), (1,5) no'lu '-1, -1, -1' değerli blokların masrafını karşılayabilecektir. $(+4-1-1-1= +1)$ olduğundan bu dört adet blokta işaretlenerek ayrılır (Şekil 3.4.c).

d) Geriye kalan bloklar arasında pozitif değerliğe sahip (3,3) no'lu '+7' ve (3,4) no'lu '+1' olmak üzere iki blok mevcuttur. Bu bloklardan (3,3) no'lu '+7' değerlikli blok üst kısmındaki (1,1), (1,2), (2,2), (2,3) no'lu '-1,-1,-2,-2' değerli blokların masrafını karşılayacak kapasitededir. $(+7-2-2-1-1= +1)$ Buna göre pozitif değerli bir grup daha elde edilir. Bu grupta işaretlenerek ayrılır. (Şekil 3.4.d).

e) Burada son olarak (3,4) no'lu '+1' değerli pozitif bir blok kalmıştır. Bu bloğu alabilmek için en azından (2,5) no'lu '-2' değerli bloğu da çıkarmak gerekecektir. Toplamları $+1-2= -1$ olması nedeniyle negatif bir grup oluşturmuştur. Bu durumda her ne kadar altta pozitif bir blok kalsa da o blok çıkarılmadan bırakılacaktır (Şekil 3.4.e).

f) Öyle ki geriye kalan bütün pozitif değerli gruptaki bloklar çıkarılmasıyla ‘-1-1-1-1-1+1-2-2+4+7 = +3’ değerli pozitif bir grup koni elde edilmiş olacaktır. Çıkarılacak bütün koni bu blok diyagramında gösterilmiştir (Şekil 3.4.f).

Bu tekniği daha anlaşılır kılmak için bir başka örnek daha vermek gerekir ise; Şeklin alt kısmında bulunan değerler, üzerlerinde bulunan koni şekilli hacimlerin toplam değerleridir. İlk etapta, ayrı ayrı karşılaştırıldıklarında değerleri +4 ve +2 olan, yani pozitif olan hacimler ele alınmış ve birlikte karşılaştırıldıklarında toplam değer +10 olduğu görülmüştür. Bundan sonra bu toplam hacime tek başlarına ele alındıklarında negatif değerler veren diğer inkrementler ilave edilmiş ve bu ilaveler toplam değerde artışlar meydana getirmiştir. Bu işleme, ilave edilen inkrement pozitif bir değer verdiği sürece, dolayısıyla toplam değere pozitif bir katkıda bulunduğu sürece devam edilmiş ve toplam değerdeki bu artışın durduğu veya azalmanın başladığı yerden işleme son vererek optimum sınır tayin edilmiştir (Şekil 3.5.).

a) Pozitif değerli bir blok, üzerinde bulunan steril kısmın masrafını karşılamakta ve işletme sınırları içerisine dahil edilmektedir (Şekil 3.6.a).

b) Pozitif değerli bir blok tek başına üzerinde bulunan steril kısmın masrafını karşılamamakta fakat, yanındaki pozitif değerli blokla birlikte karşılaştırıldığında üzerlerindeki steril kısmın masrafını aralarında paylaşmak sureti ile karşıladıklarından işletme sınırları içerisine dahil edilmektedir (Alt seviyedeki 4 değerli iki bloğun (5,5), (5,6) üzerine ayrı ayrı teşkil edilen konilerin değerleri -2 ve -3 olduğu halde iki hacim birleştiğinde toplam değer +3 olmaktadır (Şekil 3.6.b).

c) Alt seviyedeki (5,5) no’lu +3 değerli blok, üzerinde bulunan steril kısmın masrafını karşılamamakta (-6), (5,9) no’lu +6 değerli blok ise üzerindeki kısmın masrafını karşıladığından (+2) işletme sınırları içerisine dahil edilebilmektedir. Böylece, her iki bloğun işletilmesi halinde müşterek olan steril kısmın, (5,9) no’lu +6 değerli bloğun işletilmesi ile kaldırılmış olacağından, tek başına ele alındığında negatif bir değer veren (5,5) no’lu +3 değerli blok da üzerinde kalan kısmın masrafını karşılayacak ve ayrıca belirli bir kar bırakacak (+1) hale gelmektedir (Şekil 3.6.c).

	1	2	3	4	5	6	7
1	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1
2		-2	-2	4	-2	-2	
3			7	1	-3		

(a.)

	1	2	3	4	5	6	7
1	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1
2		-2	-2	4	-2	-2	
3			7	1	-3		

(b.)

	1	2	3	4	5	6	7
1	-1	-1	-1	-1	-1		-1
2		-2	-2	4	-2	-2	
3			7	1	-3		

(c.)

	1	2	3	4	5	6	7
1	-1	-1					-1
2		-2	-2		-2	-2	
3			7	1	-3		

(d.)

	1	2	3	4	5	6	7
1							-1
2					-2	-2	
3				1	-3		

(e.)

	1	2	3	4	5	6	7
1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
2		-2	-2	4	-2	-2	
3			7	1	-3		

(f.)

Şekil 3.4. Pozitif Hareketli Koni tekniği (Barnes, 1982)

§ İleriye yönelik bir teknik olması,

§ Her zaman doğru toplam değerli işletmeyi tanımlamasıdır.

Bundan başka birkaç hareketli koni tekniği daha tasarlanmıştır. Kayda değer olanı Toplayıcı Hareketli Koni Tekniği, Korobov (1974)'tür.

Hareketli koni yönteminin başlıca avantajları; anlaşılmasının kolay olması, işletme eğilimlerini hesaba katmanın mümkün oluşu ve farklı blok boyutlarının problem yaratmamasıdır. Dezavantajları ; müteaddit denemeler şeklinde uygulanması nedeni ile fazla zaman alması ve her zaman gerçek optimuma götürmemesidir. Hakiki optimumu arayan bir teknik olarak yürütüldüğünde ise tesirsiz kalmaktadır. Zira böyle bir durumda; örneğin deneme konilerinin, konideki her bloğu merkez kabul etmek sureti ile test edilmesi ve aynı şekilde alt seviyedeki bloklardan meydana getirilen muhtelif kombinasyonların da ayrı ayrı test edilmesi gerekmektedir (Caner,1975).

3.2.5. Kompozitlerin Hesaplanması

Şekil 3.7.' de görüldüğü gibi sondajlardan elde edilen karotlardan alınan ısı / değer / kül oranı, mesafe gibi veriler (3.9)'da ki formüle yerleştirilerek kompozitler hesaplanır.

$$C = \frac{\sum A_i x L_i}{\sum L_i} \quad (3.9)$$

C = Kompozit değeri,

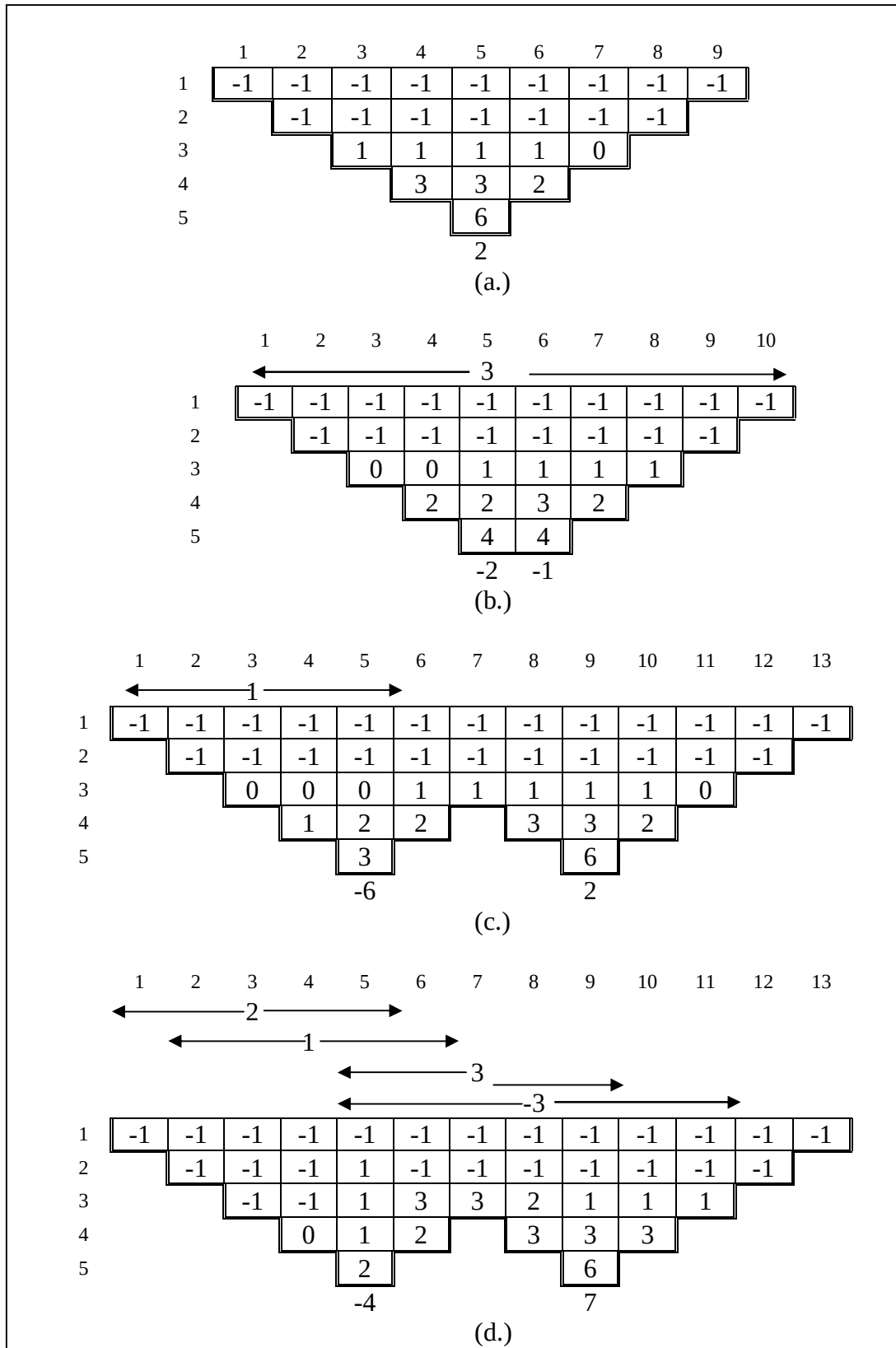
A_i = (Isıl değer / kül) Oranı,

L_i = Mesafe (m)

(3.9)'daki formülü Şekil 3.7' deki veriler ile uygularsak;

$$\frac{57,1 \times 8 + 55,2 \times 12 + 61,1 \times 6 + 49,2 \times 14}{40} = 54,3$$

1150 kotu ile 1190 kotu arasındaki kompozitin ısı / değer / kül oranı değeri 54,3 olmaktadır.



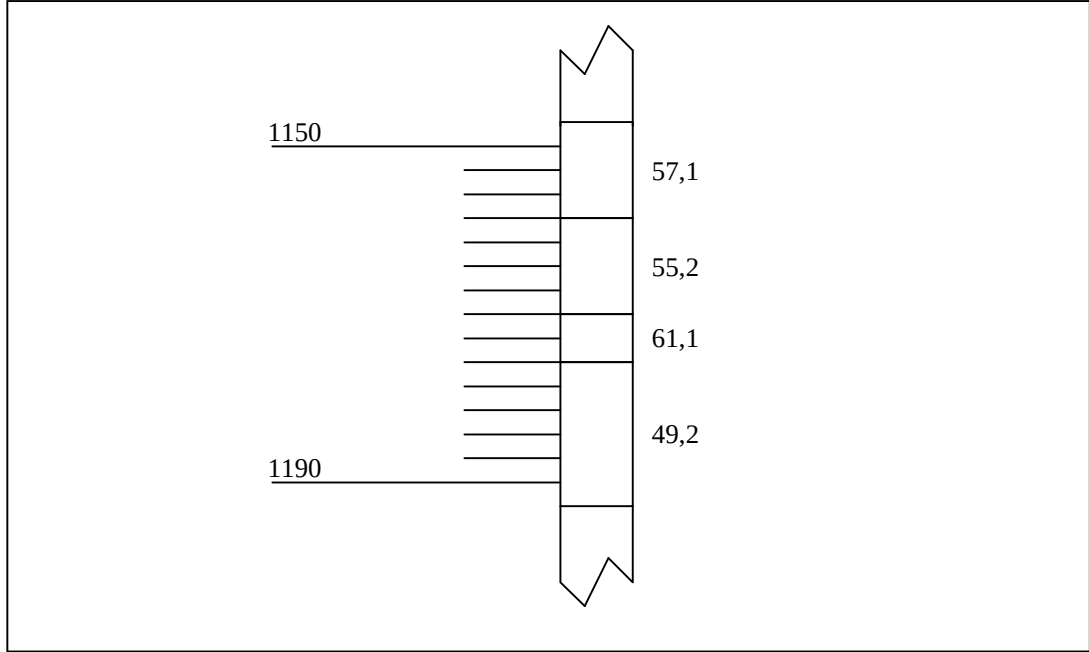
Şekil 3.6. Optimum ocak sınırlarının tespiti (Caner, 1975)

Kompozitlerin merkezlerinin koordinatları (X, Y, Z) ise aşağıdaki formül yardımı ile hesaplanır;

$$X = X_c + \text{Mesafe} \times \cos(90^\circ - \text{Azimut açısı}) \times \cos(\text{Eğim açısı})$$

$$Y = Y_c + \text{Mesafe} \times \cos(90^\circ - \text{Azimut açısı}) \times \sin(\text{Eğim açısı})$$

$$Z = Z_c + \text{Mesafe} \times \sin(\text{Eğim açısı})$$



Şekil 3.7. Kompozitlerin oluşturulması

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Jeostatistiksel Değerlendirme ve Jeolojik Modelin Oluşturulması

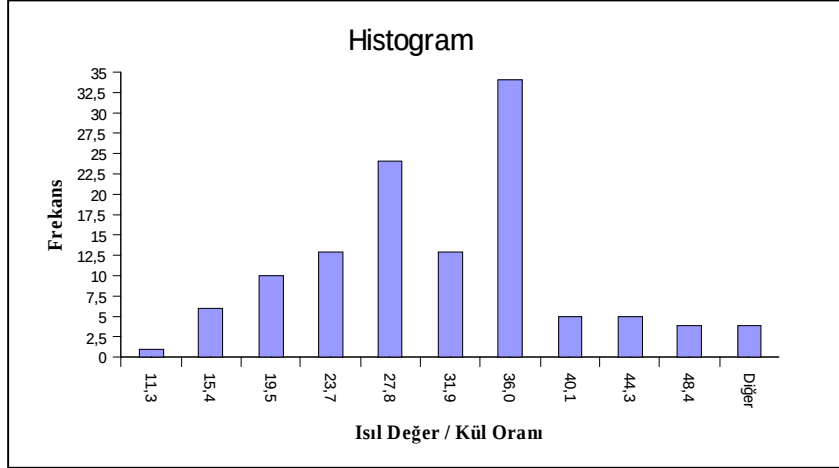
Maden Tetkik ve Araştırma Enstitüsü (1976) tarafından yapılan 156 adet karotlu sondajdan alınan kuyu kayıtları istatistiki olarak değerlendirildiğinde aritmetik ortalama, mod ve medyan değerlerinin birbirine yakın olduğu, çarpıklık ve basıklık değerlerinin ise oldukça düşük çıktığı görülmektedir (Çizelge 4.1). Ayrıca histogramda da görüldüğü gibi değerlerin dağılımının kabul edilen sınırlar içinde kaldığı izlenmektedir (Şekil 4.1).

Çizelge 4.1. Sondaj verilerinin kısa istatistiksel özeti

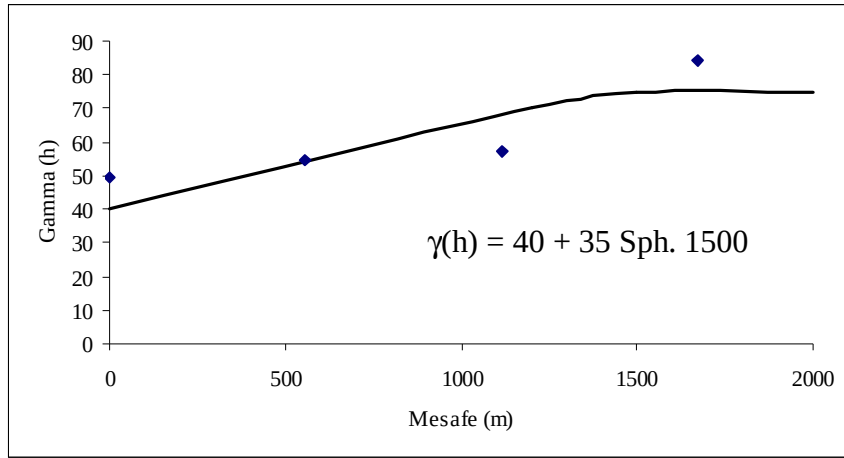
	X	Y	Z	kal / kül
Ortalama	24784,4	43548,7	1181	29,2
Ortanca	25395,9	43589,05	1178,6	28,9
Mod	26500	44143,5	1183,75	16,1
Standart Sapma	2865,9	845,4	11	8,7
Örnek Varyansı	8214796	714740,4	123,1	76,28
Basıklık	-1,18	-0,15	-0,21	0,009
Çarpıklık	-0,18	-0,25	0,78	0,21
Aralık	9688,6	3976,4	46,23	41,2
En Küçük	19896,9	41430	1161,1	11,28
En Büyük	29585,4	45406,4	1207,4	52,51
Adet	156	156	156	156

Variogramların en büyük özellikleri kömür yatağının yapısal değişimi ve jeolojisi hakkında detaylı bilgi vermesidir. Variogram kömürleşmenin devamlılığının bir ölçüsüdür (Tercan ve Saraç, 1998). Sondajlardan elde edilen 715 adet karot bilgisi VarioC adlı yazılıma tanıtılarak ısı / kül oranı değerine ilişkin omnivariogram hazırlanmıştır (Şekil 4.2). Isı / kül oranı için çizilen variogramın yavaş ve düzenli olarak artması kömür damarının stratiform tipli ve

düzenli olduğunu göstermektedir. Etki mesafesinin 1500 m olması ısı değer / kül oranı değişkeninin uzun mesafelerde etkili olduğunu gösterir.



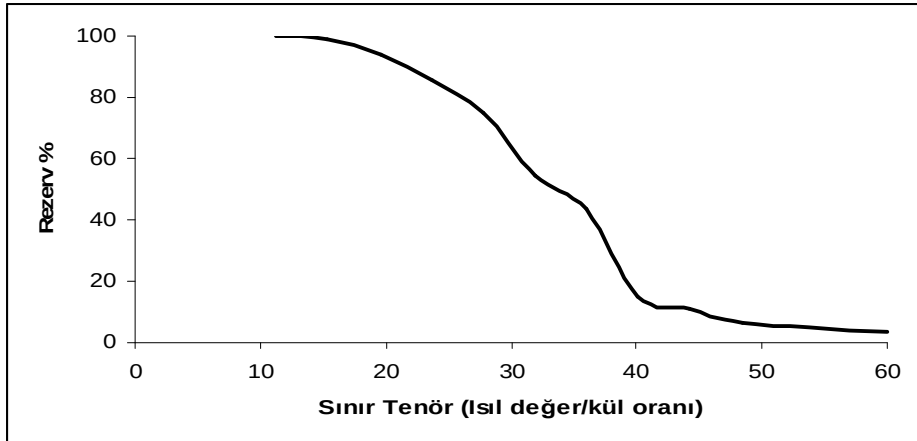
Şekil 4.1. Isıl değer / kül oranının histogramı



Şekil 4.2. Isıl Değer / kül parametresine ilişkin variogram

4.1.1. Rezerv - Sınır Tenör İlişkisi

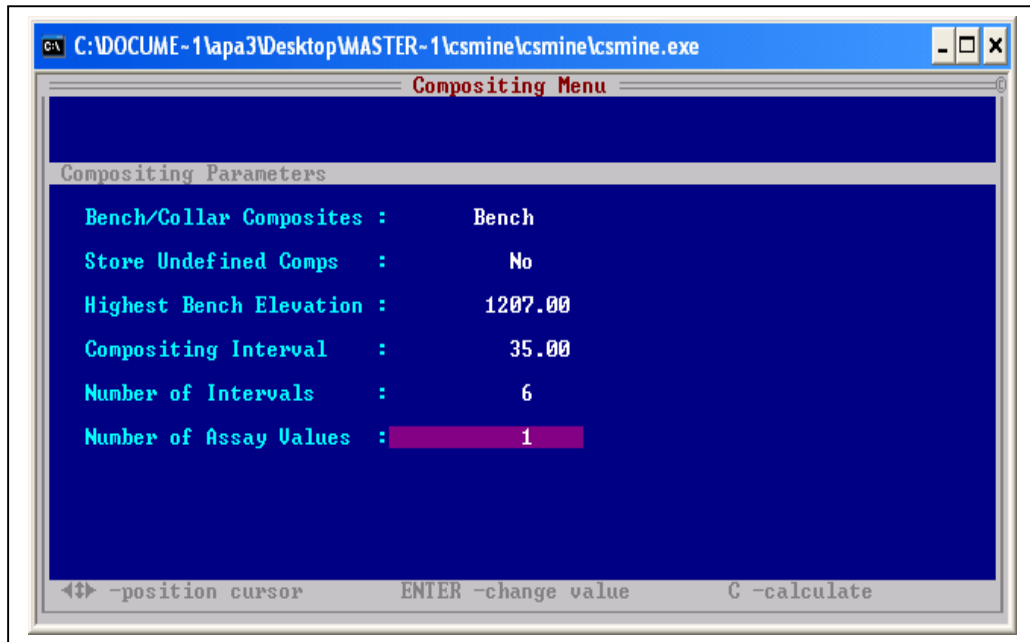
AEL işletmesi Çöllolar ocağında rezerv, sınır tenör (ısı değer/kül) oranları bir diyagramda incelenmiş ve rezerv miktarı azaldıkça sınır tenörün arttığı görülmektedir. Sınır tenör (ısı değer / kül oranı) 23 alındığında sahadaki jeolojik rezervin %85'i sınır tenörün üstünde kalmaktadır.



Şekil 4.3. Rezerv - Sınır Tenör İlişkisi

4.1.2. Kompozit Verilerin Oluşturulması

CSMine yazılımına kuyu veri dosyası (FEYYAZSON.DHF) tanıtılarak kompozit verileri içeren FEYSON35.CMP dosyası elde edilmiştir (Şekil 4.4). Kompozit yüksekliği 35 m olacak şekilde 6 ayrı kademe oluşturulmuştur. Buradan elde edilen toplam 119 kompozite ilişkin veriler.

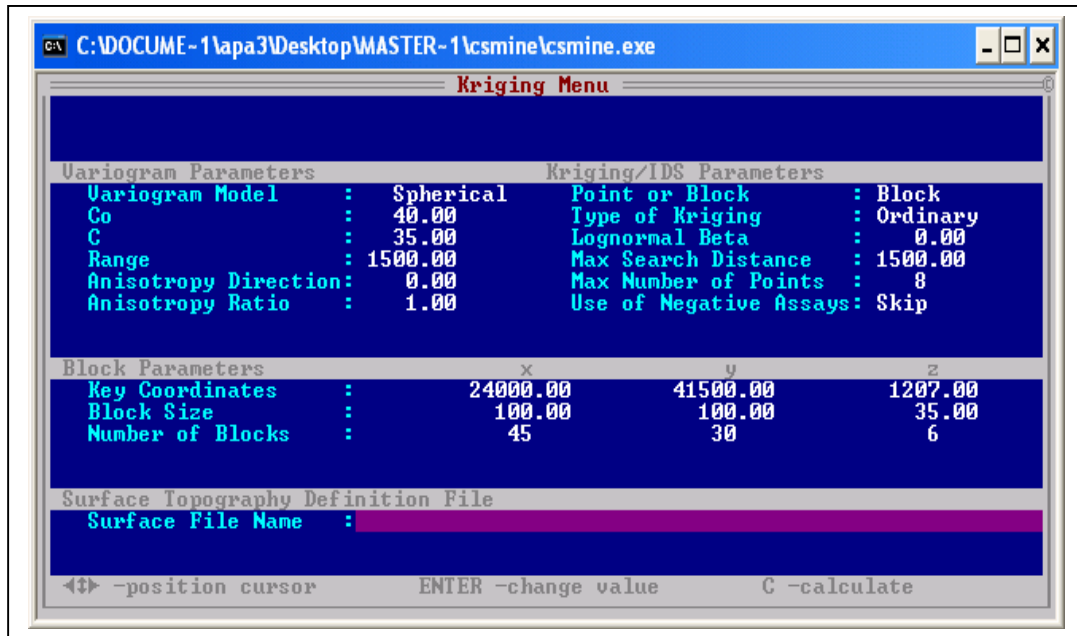


Şekil 4.4. Kompozit verilere ilişkin parametrelerin seçimi

4.1.3. Jeolojik Modelin Oluşturulması

CSMine yazılımının “Block” moduna gidilerek bloklara tenör değerlerinin atanması işlemi yapılmıştır. Bunun için öncelikle yazılımın “Krige” moduna geçilir daha önce “VarioC” yazılımından elde edilen variogram verileri kriging menüsüne tanıtılmıştır (Şekil 4.5). İncelenecek saha sınır koordinatları X (Doğu) için 24000 ile 28500 ve Y (Kuzey) için 41500 ile 44500 arasında olacak şekilde 4500 m x 3000 m’ lik bir sahayı kapsamaktadır. Blok boyutları ise 100 m x 100 m x 35 m olmaktadır. Bu durumda sahada $45 \times 30 \times 6 = 8100$ adet blok oluşacaktır. CSMine yazılımı en fazla 8191 adet bloğu değerlendirebildiği için blok boyutları 100 m x 100 m x 35 boyutlarından daha küçük seçilememektedir. Ayrıca nihai şevlerin genel eğim açısı $18,5^\circ$ olarak planlandığı için seçilen blok boyutları bu eğim açısını da vermektedir.

Ayrıca arazinin topografyası FEYSON35.ELV dosyası ile yazılıma tanıtılmıştır. Böylece CSMine yazılımı 4500 m x 3000 m x 35 m boyutlarındaki model içerisinde olup topografya kotu üzerinde yer alan bloklara bilgisayar yazılımı (-2) değerini atayarak bunların etkisiz eleman olduğunu belirtecektir.



Şekil 4.5. Bilgilerin “Kriging Menü” ye tanıtılması

4.2. Ekonomik Modelin Oluşturulması

Sahada optimum açık ocak sınırlarını belirlemek üzere, her bir bloğun üretim ve kazı maliyeti ile parasal değeri karşılaştırılarak, ekonomik model oluşturulmuştur.

Topografya verileri, maliyetler, cevher kazanım oranı, cevher satış fiyatı, sınır tenör gibi temel parametrelerin alacağı değerler belirlendikten sonra blokların net değeri hesaplanır.

Net blok değeri, blok içerisinde bulunan sınır tenörün üzerindeki cevherin getirisinin bu bloğun üretimi için yapılacak toplam harcama tutarından çıkarılmasıyla elde edilir. Bu çalışmada ekonomik anlam taşıyan en küçük ısıl değer / kül oranı 25 olarak alınmıştır. Bu değer ortalama ısıl değeri 1000 kcal/kg ve kuru kül içeriği % 40 olan linyite karşılık gelmektedir.

Net blok değeri = Bloktan elde edilecek gelir – Bloğun üretimi için yapılacak toplam harcama miktarı.

Net blok değeri = Gelir – Maliyet

Gelir = Cevher satış fiyatı x Kömür tonajı x Kömür kazanım oranı

Maliyet = Blok tonajı (t) x Birim kazı maliyeti (YTL/t)

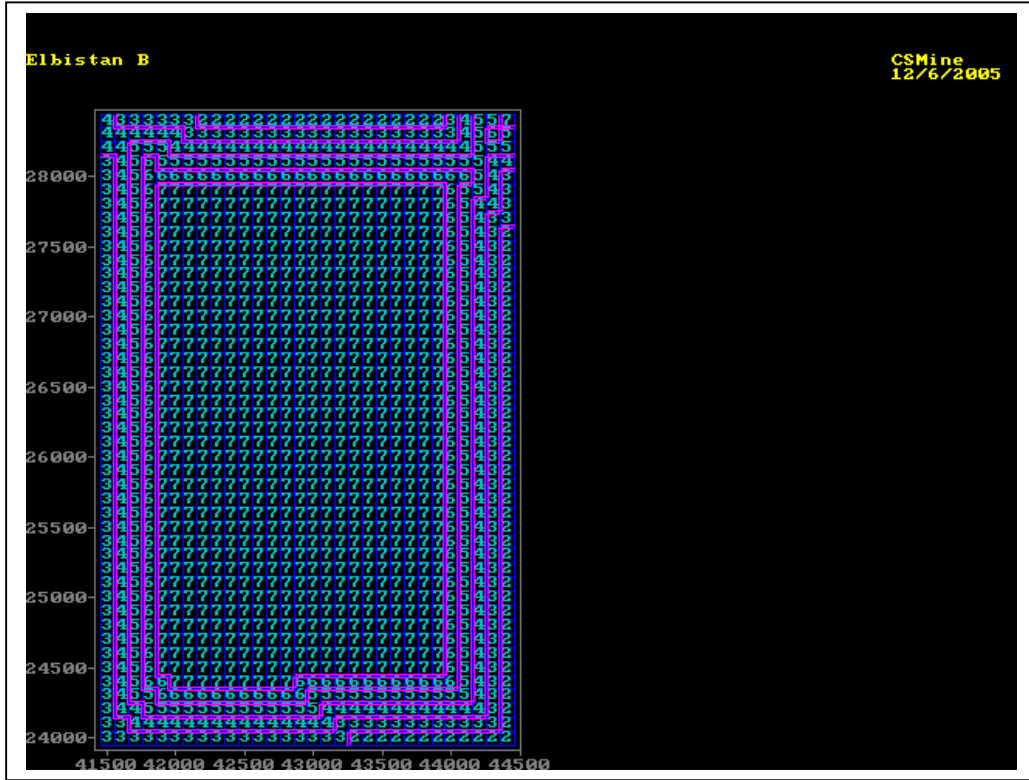
Blok tonajı = Blok hacmi (m³) x Yoğunluk (t/m³)

4.2.1. Mevcut Değerlere Göre Optimum Ocak Sınırları

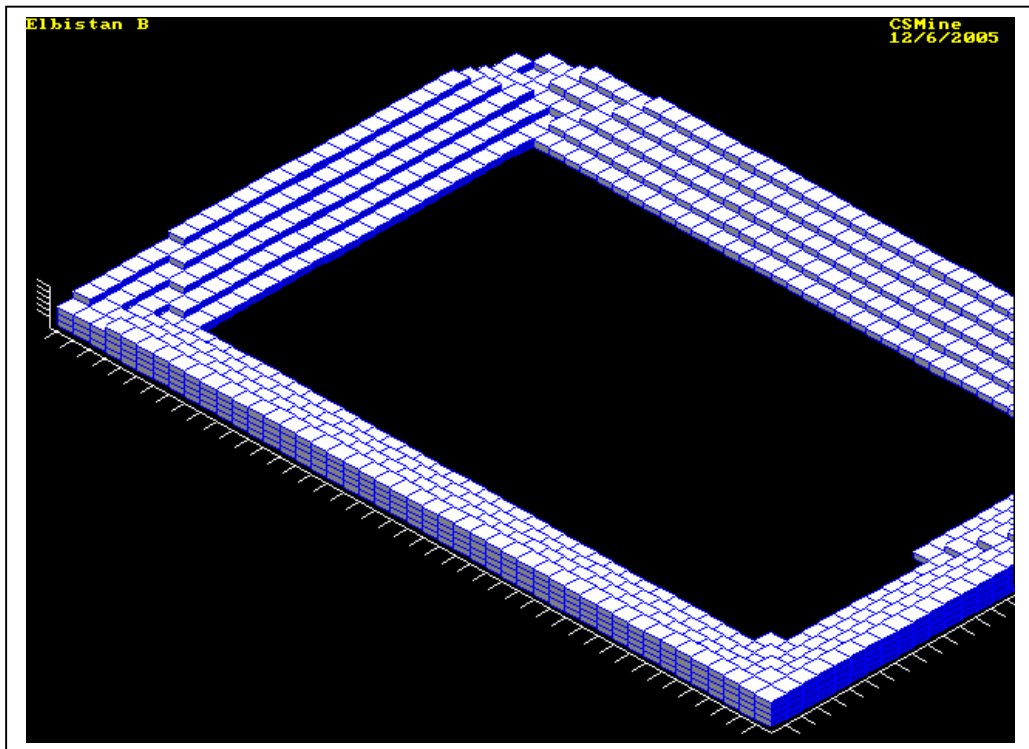
İlk aşamada CSMine yazılımının ekonomik değer hesaplama menüsüne işletme projesindeki teknik ve ekonomik değerler tanıtılarak bir ekonomik blok modeli oluşturulmuştur.

FEYYAZ35.BLK dosyası CSMine yazılımına tanıtıldıktan sonra kısıtlar menüsüne gidilerek topografya, geometrik ocak sınırları, ekonomik kısıtlar ve hareketli koni seçenekleri aktif hale getirilerek optimum ocak sınırları elde edilmiştir.

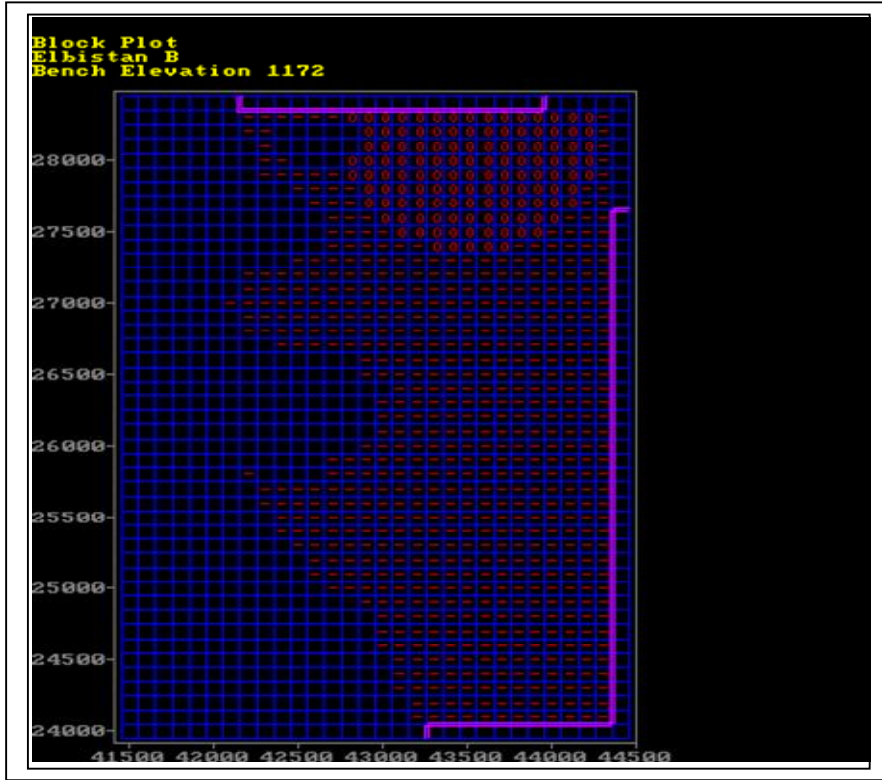
Şekil 4.6'de ocak sınırlarının üstten görünüşü, Şekil 4.7'da ocağın üç boyutlu görüntüsü ve Şekil 4.8, 4.9, 4.10, 4.11, 4.12'te ise ocağın basamaklara göre görüntüsü sunulmuştur.



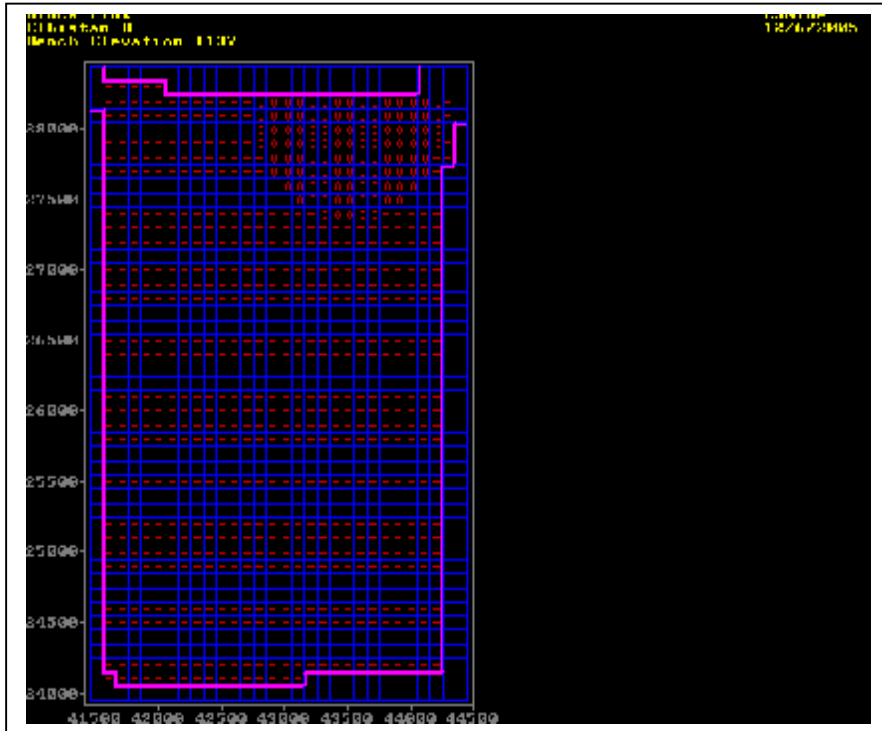
Şekil 4.6. Mevcut değerlere göre oluşturulan ocak sınırlarının üstten görünüşü



Şekil 4.7. Mevcut değerlere göre oluşturulan ocağın üç boyutlu görüntüsü



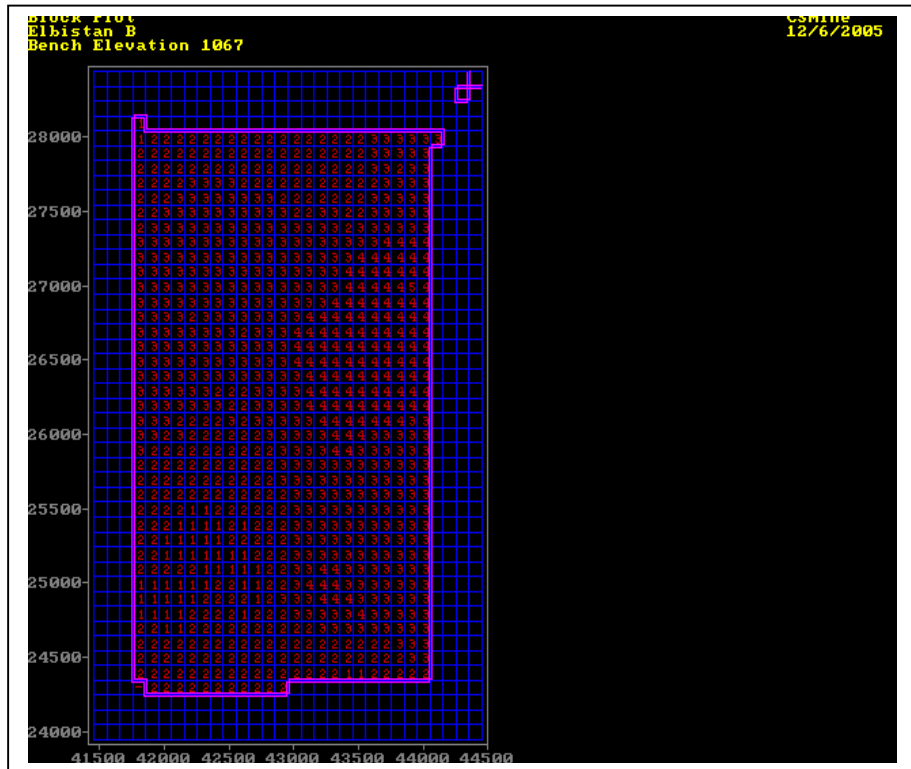
Şekil 4.8. Mevcut değerlere göre ikinci basamak üstten görünüşü



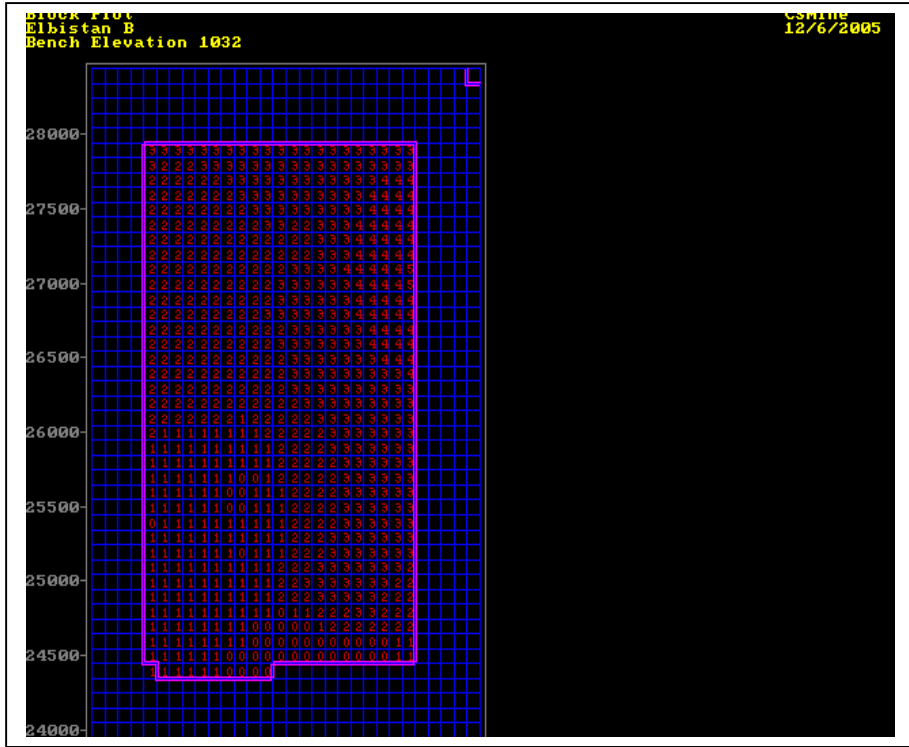
Şekil 4.9. Mevcut değerlere göre üçüncü basamak üstten görünüşü



Şekil 4.10. Mevcut değerlere göre dördüncü basamak üstten görünüşü



Şekil 4.11. Mevcut değerlere göre beşinci basamak üstten görünüşü



Şekil 4.12. Mevcut değerlere göre altıncı basamak üstten görünüşü

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Afşin-Elbistan Çöllolar (B) açık işletmesinde optimum ocak sınırlarının belirlenmesi ile ilgili olarak yapılan bu çalışmada elde edilen sonuçlar aşağıda özet olarak sunulmuştur,

- Isıl değer/kül oranı bazında sınır tenör 28 olarak belirlenmiş ve bu durumda toplam rezervin % 75'i sınır tenörün üstünde kalmıştır. Ortalama tenör ise 29 olarak bulunmuştur.
- Çöllolar (B) sahasında 1.203.300.000 m³ örtü+arakesme, teknik rezerv ise 573.000.000 m³, dekapaj oranı da 2,1 m³/ton olarak tahmin edilmiştir.
- Rheinbraun Consulting (GmbH) (1976) tarafından hazırlanan orijinal proje değerleri yardımıyla oluşturulan modele göre, sahada işletilebilir 100x100x35 boyutlarında 810 adet blok tespit edilmiş olup bu blokların 578 adedi pozitif parasal değer sağlamaktadır. Yine aynı değerler ışığında sahanın örtü-kazı oranı 2,1/1 m³/ton dur.
- Bu çalışmadan elde edilen veriler ışığında (B) sektörü yalnızca değil (C), (D), (E) veya (F) sektörlerde birlikte modellenip ekonomik ocak sınırları yeniden belirlenerek sektörlerin birlikte veya ayrı ayrı ele alındığında revize edilen sonuçlar yardımı ile gelecek yatırımlar için ön alt yapı sağlanabilir.
- Türkiye kömür rezervlerinin önemli bir kısmını elinde bulunduran Afşin-Elbistan sahasındaki mevcut A ve B santrallerinin tam kapasite çalışabilmeleri için Çöllolar (B) Açık İşletmesinin bir an önce üretime başlaması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- AEL, 2005. İşletme Faaliyet Raporu, Ankara (Yayınlanmamış).
- ALTAŞ, M., ÖZKAN, H. F., ÇELEBİ, E. ve AKSOY, F., 2000. Enerji İstatistikleri. Dünya Enerji Konseyi ve Türk Milli Komitesi yayını, 273s.
- AYDOĞAN, M., 1978. K.Maraş-Elbistan-Çöllolar Kömür Yatağı Fizibilite Araştırması. MTA Raporu, Derleme No: 6413, Ankara (Yayınlanmamış).
- BARNES, R. J., and Johnson, T. B., 1982. Bounding Techniques for the Ultimate Pit Limit Problem, In 17th Symposium on the Application of Computers and Operations Research in the mineral industries (APCOM), New York.
- BİLGİN, Y., ERSÖZ, F. ve KARACA, K., 1982. Kahramanmaraş Elbistan D.I Sektörü Linyit Kömürü Fizibilite Araştırması. MTA Raporu, Derleme No. 7216, Cilt 2 Rezerv, Ankara (Yayınlanmamış).
- CANER, G., 1975. Açık İşletmelerde Optimum İşletme Sınırlarının Saptanması ve Maksimum Karın Elde Edilmesi Amacı ile Kullanılan Matematiksel Yöntemler, Maden Mühendisleri Odası Yayını, Ankara.
- CİCİOĞLU, E., 2001. Çöllolar Kışlaköy (Afşin- Elbistan) Linyitlerinin Jeokimyasal Özelliklerinin İncelenmesi. Doktora Tezi , Hacettepe Üniversitesi, Ankara.
- DAĞ, A. ve ANIL, M., 1996, Afşin Elbistan Linyit İşletmesi (TEAŞ) Çöllolar Açık İşletmesi İlk Kazı Noktasının Belirlenmesi, Türkiye 10. Kömür Kongresi, s. 231-242, Zonguldak.
- DAĞ, A. ve ANIL, M., 1998, Afşin Elbistan Linyit (TEAŞ) Çöllolar Açık İşletmesi Kazı Sırasının Belirlenmesi, Türkiye 11. Kömür Kongresi, s.173–184, Bartın.
- DAĞ, A., ANIL. M., 1995., Afşin - Elbistan Linyit İşletmesi (TEAŞ) Çöllolar Sektörünün Optimum Açık İşletme Sınırının Belirlenmesi., Mühendislikte 20. Yıl Sempozyumu., Z.K.Ü. Müh. Fak., Zonguldak.
- DAĞ, A. 1997 Açık İşletme Yönteminde Bilgisayar Destekli Üretim Planlaması: Afşin-Elbistan Linyit işletmesi Çöllolar Sahasına Uygulaması, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, Adana

- DEMİROK, Y., HAS, F., SEZER, C., KÜÇÜK, Ş., ALEMDAROĞLU, T., GÜVEN, C., GÜRSOYTRAK, E., BİLGİN, Y., 1978. Elbistan-Çöllolar (Kahramanmaraş) Linyit Kömürü Fizibilite Araştırması. MTA Raporu, Derleme no. 6372, Cilt 1 ve 2, Ankara, (Yayınlanmamış).
- JOURNEL, A. G., and HUİBGREST, Ch., J., 1991. Structural Analysis Mining Geostatistics, Akademik Press, London, 148-195.
- KAHRİMAN, A., 1993. Maden İşletme Projeleri Hazırlama ve Değerlendirme, Cumhuriyet Üniversitesi, Sivas.
- KILIÇ, A. M., 1996. Analyse de la Stabilité Des Talus de la Mine de Lignite D'Afşin-Elbistan,. Pour Obtenir la Grade de Docteur de l'école Nationale Supérieure Des Mines de Paris en Géologie de L'ingénieur. Paris.
- KILIÇ, A. M., ONUR, A. H., 2001. Afşin-Elbistan Linyitleri Açık İşletmesi İç Döküm Sahası Dinamik Duraylılık Analizi. Türkiye 17. Uluslararası Madencilik Kongresi ve Sergisi Bildiriler Kitabı (ÜNAL, E., ÜNİVER B., TERCAN E., Editör) s. 11-16.
- KOENİGSBERG, 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 İnfluence 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.
- Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, 1990. Rasat Kayıtları, Ankara
- ONUR, A.H., 1995. Açık İşletmelerde Nihai Sınır Tesbitinde Yeni Bir Yöntem: Düzeltilmiş Korobov Algoritması, Türkiye 14. Madencilik Kongresi, 269-275.
- OTTO-GOLD, 1969. Lignite Deposit Afşin-Elbistan Feasibility Report. Voli, Köln.
- ÖNEN, N., 1936. Orta Anadolu Linyit Yatakları Hakkında Rapor. MTA, Ankara.

- PERİNÇEK, D. and KOZLU, H., 1984. Stratigraphy And Structural Relations Of The Units İn The Afşin-Elbistan-Doğanşehir Region (Eastern Taurus): in Tekeli. O. and Göncüoğlu, M.C. (Eds), Geology of Taurus Belt, Ankara-Turkey, 181-198.
- RHEINBRAUN CONSULTING, 1976. Quality And Quantity Calculations For Kışlaköy Öpen Cast Mine , Cologne (yayınlanmamış).
- SAYDAM, S., 2000. Comparison of Ultimate Pit Limit Design Methods: A Case Study, Dokuz Eylül Üniversitesi Doktora Tezi, İzmir.
- TERCAN, A. E., ve SARAÇ, C., 1998. Maden Yataklarının Değerlendirilmesinde Jeostatistiksel Yöntemler, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası, Ankara, No: 48.
- URAL, S., DAĞ, A., GÜNEŞ, M., YAYLA, M.E., 2005. Afşin-Elbistan A (Kışlaköy) Açık İşletmesinde Optimum Ocak Sınırlarının Belirlenmesi, Madencilik Kongresi, İzmir.
- URAL, S., 1999. Afşin Elbistan Linyitlerinin Sınıflandırılarak Termik Santralin Performansı Üzerindeki Etkilerinin Araştırılması. Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, Adana.
- URAL S., 1994. Döner Kepçeli Ekskavatörlerin Performansını Etkileyen Faktörlerin Araştırılması . Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Y.Lisans Tezi., Adana.
- WRIGHT, E. A., 1987. The Use of Dynamic Programming for Open Pit Mine Design: Some Practical Implications, Min. Sci. And Tech., Vol. 6, 79-104.
- YALÇIN, E., 1991. Dinamik Programlama Tekniğindeki Gelişmeler. Madencilik. Vol. XXX, 4: 13-19.
- YALÇIN, E., 1991. Açık İşletme Dizaynı için Üç Boyutlu Dinamik Programlama Tekniği, Madencilik, 30,2,21-27.
- YAYLA, M.E., 2005. Afşin – Elbistan (A) Açık İşletmesinde Optimum Ocak Sınırlarının Belirlenmesi ve Mevcut Uygulama İle Karşılaştırması, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Adana
- YÜKSEL, F., 2004. Afşin-Elbistan Havzası Çölollar Sahasındaki Örtü ve Linyit Tabakalarının Mühendislik Özelliklerinin İncelenmesi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Adana.

ÖZGEÇMİŞ

1977 yılında Adana’da doğdu. İlköğrenimini Adana’da Atatürk İlkokul’unda tamamladı. Orta ve Lise öğrenimini Özel Gönen Okul’larında tamamladı. 1997 yılında Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümünü kazandı. Bu bölümü 2001 yılında tamamladı. 2001 yılında Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Maden Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Eğitime başladı. Halen aynı bölümde yüksek lisans eğitime devam etmektedir.