



**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

DOKTORA TEZİ

Suphi URAL

**Afşin-Elbistan Linyitlerinin Sınıflandırılarak
Termik Santralin Performansı Üzerindeki
Etkilerinin Araştırılması**

MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

ADANA - 1999

Ç. Ü. FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**AFŞİN-ELBİSTAN LİNYİTLERİNİN SINIFLANDIRILARAK
TERMİK SANTRALİN PERFORMANSI ÜZERİNDEKİ
ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

**SUPHİ URAL
DOKTORA TEZİ**

**Ç. Ü.
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

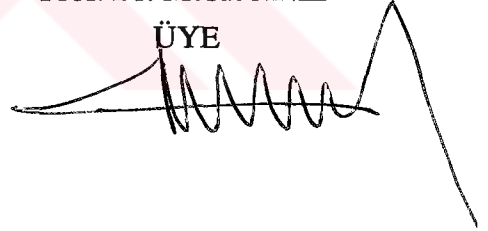
Bu tez ~~11./8/1999~~ Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Oybirliği/Oyçokluğu İle Kabul Edilmiştir.

Doç. Dr. A. Hakan ONUR
DANIŞMAN




Prof. Dr. Ercüment YALÇIN
ÜYE

Prof. Dr. Mesut ANIL
ÜYE



Bu tez Enstitümüz Maden Mühendisliği Anabilim Dalında hazırlanmıştır.

Kod No: 526




Prof. Dr. Melih BORAL
Enstitü Müdürü

Bu Çalışma Çukurova Üniversitesi Araştırma Fonu Tarafından Desteklenmiştir.

Proje No: FBE. 96.97

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.

İÇİNDEKİLER	SAYFA
ÖZ.....	I
ABSTRACT.....	II
TEŞEKKÜR.....	III
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	IV
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VI
1. GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın Amacı	1
1.2. Afşin-Elbistan Linyit Havzası Hakkında Genel Bilgiler.....	4
1.3. Afşin-Elbistan İşletme Müdürlüğü.....	5
1.3.1. İşletme Yöntemi.....	5
1.3.2. Kömür Stok Sahası	6
1.4. Afşin-Elbistan(A) Termik Santrali	8
1.4.1. Öğütme ve Yakma Çevrimi	8
1.4.1.1. Genel Kavramlar.....	8
1.4.1.2. Öğütme ve Yakma Çevrimi Çalışma Prensipleri.....	9
1.4.2. Kül Atma Sistemi	11
1.4.3. Kazan İşletmeciliğinde Karşılaşılan Problemler ve Yapılan İyileştirmeler	11
1.5. Kömürlerin Sınıflandırılmasındaki Esas Parametreler ve Bunların Yanma Üzerindeki Etkileri.....	12
1.5.1. Kömürde Yanmayı Etkileyen Esas Özellikler	13
1.5.1.1. Kükürt.....	13
1.5.1.2. Klor.....	14
1.5.1.3. Kömürün Petrografisi	14
1.5.1.4. Nem Oranı.....	15
1.5.1.5. Kül Oranı.....	15
1.5.1.6. Külün Kimyasal Özellikleri.....	15
1.6. Kömür Üretiminde Kalite Kontrolü	17
1.6.1. Kömür Yatağının Modellenmesi	17
1.6.1.1. Poligon Yöntemleri.....	18
1.6.1.2. Mesafelerle Ağırlıklandırma Yöntemi	19
1.6.1.3. Jeostatistik Yöntemi.....	22
1.6.2. Üretilbilir ve Satılabilir Kömür Özelliklerinin Belirlenmesi.....	25
1.6.2.1. Kömür Stok Sahasının Tasarımı ve Makine Parkının Seçimi	26
1.6.2.1.1. Stok Yığınlarının Çeşitleri ve Özellikleri	27

1.6.2.1.2. Stoklayıcı ve Stoktan Alıcı Makinalar	28
1.6.2.1.3. Kömür Stoklama ve Harmanlama Yöntemleri	29
1.7. Ufalama	31
1.7.1. Ufalama Enerjisinin Tanımı	31
1.7.1.1. Boyut Küçültmenin Ölçüleri	31
1.7.1.2. Kırma Enerjisinin Tarifi	32
1.7.2. Özel Enerji Testleri	32
1.7.2.1. Tek Partikül Deneyleri	33
1.7.2.1.1. Tek Partikül Yavaş Basma Deneyleri	33
1.7.2.1.2. Tek Partikül Darbe Deneyleri	34
1.7.3. Boyut Küçültme Kanunları	34
1.7.3.1. Rittinger Kanunu (Yüzey Teorisi) (1867)	34
1.7.3.2. Kick Kanunu (Hacim Teorisi) (1885)	34
1.7.3.3. Bond Kanunu (1951)	35
1.7.3.4. Holmes Kanunu (1957)	35
1.7.3.5. Boyut Küçültme Kanunlarının Kritiği	36
1.8. Kömürlerin Dayanımlarını Belirlemek Üzere Yapılan Deneyler	37
1.8.1. Kömürlerin Basınç Dayanımı	37
1.8.2. Kömürün Gevrekliği	37
1.8.3. Darbe Dayanımı	38
1.8.4. Öğütülebilirlik	38
1.8.5. Penetrometre Deneyi	39
1.8.6. Schmidt Çekici	39
1.8.7. Kömürlerin Dayanımı İle Kazan Kirliliği Arasındaki İlişki	40
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	41
2.1. Sondaj Çalışmaları	41
2.2. Rezerv Modelleme Çalışmaları	41
2.3. Kömürün Mekanik Dayanımı	42
2.4. Kömür Kalite Kontrolü	44
3. MATERYAL VE METOD	47
3.1. Materyal	47
3.1.1. Sondaj Verileri	47
3.1.1.1. Üst Damar	51
3.1.1.2. Alt Damar	52
3.1.2. Kömür Numuneleri	53
3.1.3. Termik Santral Ve Maden İşletmesinden Sağlanan Vardiya Kayıtları	55
3.2. Metod	55
3.2.1. Düzeltilmiş Darbe Dayanım Deneyi (MISI)	55
3.2.1.1. Aygıtlar	57

3.2.1.2. Numunelerin Hazırlanması	58
3.2.1.3. Sonuçların Gösterilmesi	59
3.2.1.4. Düzeltilmiş Darbe Dayanım İndisi ile Hardgrove İndisi Arasındaki İlişki	59
3.2.2. Conditional Simulation	59
3.2.3. Kömür Stoklama ve Harmanlama Yönteminin Modellenmesi	61
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	64
4.1. Santralda Yakıt Olarak Kullanılan Linyitlerin Kalitesinden Kaynaklanan Arızalar	64
4.2. Kazan ve Çevre Kirliliğine Neden Olan Linyit Türleri	65
4.2.1. Mevcut Protokole Göre Santrale Verilecek Linyitin Özellikleri	65
4.2.1.1. Isıl Değer	66
4.2.1.2. Kül Oranı	66
4.2.1.3. Nem Oranı	67
4.2.1.4. Kuru Küldeki CaO Oranı	67
4.2.1.5. Sonuçlar	68
4.2.2. Afşin-Elbistan Linyitlerinin Kazan Kirlileme ve Curuf Oluşturma Eğilimlerinin Saptanması	68
4.2.2.1. Linyitik Tip Küllerin Kazan Kirlileme Eğilimleri	69
4.2.2.2. Bitümlük Tip Küllerin Kazan Kirlileme Eğilimleri	70
4.2.3. Satılabilir Kömür Özelliklerinin Yeniden Belirlenmesi	72
4.2.3.1. Afşin-Elbistan Linyitlerinin Dayanım Özelliklerinin Külün Kazan Kirlileme ve Curuflaşma Eğilimi üzerindeki Etkisi	72
4.2.3.2. Linyitlerin Isıl Değerleri İle Kül İçerikleri Arasındaki Oranın Kazan İşletmeciliği Açısından Önemi	73
4.3. Şartlı Modelleme Yöntemi ile Linyit Kömürün Kalitesinin ve Rezervinin Kestirimi	75
4.3.1. Üst Damar Variogram Analizi	75
4.3.2. Üst Damara İlişkin Kalite ve Rezerv Kestirimi	75
4.3.3. Alt Damar Variogram Analizi	80
4.3.4. Alt Damara İlişkin Kalite ve Rezerv Kestirimi	80
4.4. Stoklama ve Harmanlama Modeli	85
4.5. Bulunan Sonuçların Daha Önce Yapılan Çalışmalarla Karşılaştırılması	90
4.5.1. Satılabilir Kömürün Özellikleri	90
4.5.2. Uygulanan ve Önerilen Harmanlama Modelleri	90
4.5.3. Önerilen Yeni Parametrelere Göre Üretilir Rezerv Miktarı	92
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	93
KAYNAKLAR	94
ÖZGEÇMİŞ	98
EKLER	99

ÖZ

DOKTORA TEZİ

AFŞİN-ELBİSTAN LİNYİTLERİNİN SINIFLANDIRILARAK TERMİK SANTRALİN PERFORMANSI ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

SUPHİ URAL

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Danışman : Doç. Dr. Ahmet Hakan ONUR

Yıl:1999, Sayfa: 140

Jüri :Doç. Dr. Ahmet Hakan ONUR

:Prof. Dr. Mesut ANIL

:Prof. Dr. Ercüment YALÇIN

Afşin-Elbistan(A) Termik Santrali'nin performansının düşük olmasının nedenlerinden birisi de yakıt olarak kullanılan linyitlerin kalitesini belirleyen sınırlayıcı parametrelerin yetersizliğidir. Bu çalışmada, Afşin-Elbistan(A) Termik Santrali ve Maden İşletmesinde, Maden ve Santral yetkilileri tarafından sağlanan veriler ve tesiste yapılan deney sonuçları değerlendirilerek, kömürün neden olduğu sorunlar araştırılmıştır. 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. Satılabilir linyitlerin ortalama darbe dayanım değeri %45 ve varyansı da %4 olmalıdır. Bu nedenle farklı özelliklere sahip linyitlerin harmanlanması gerekir. Kömür yatağı ara kesme olarak gıda tabakalarının bulunduğu üst damar ve ara kesme olarak kil tabakalarının gıda tabakasının yerini aldığı alt damar olmak üzere iki kısma ayrılmıştır. Şartlı modelleme yöntemi ile üst ve alt damarlar ayrı modellenmiştir.

Anahtar Kelimeler : Kömür üretiminde kalite kontrolü, termik santral kazanlarında curuflaşma ve kazan kirliliği, linyitin darbe dayanımı, şartlı modelleme, stoklama ve harmanlama

ABSTRACT

PhD THESIS

CLASSIFICATION OF THE AFŞİN-ELBİSTAN LIGNITES AND DETERMINATION OF THE EFFECT OF ITS ON THE POWER STATION

SUPHİ URAL

DEPARTMENT OF MINING ENGINEERING

INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
UNIVERSITY OF ÇUKUROVA

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Ahmet Hakan ONUR

Year: 1999, Pages: 140

Jury: Assoc. Prof. Dr. Ahmet Hakan ONUR
: Prof. Dr. Mesut ANIL
: Prof. Dr. Ercüment YALÇIN

The performance of the Afşin-Elbistan power station is not satisfactory. One of the reasons for the poor performance has to be seen in the insufficient limiting parameters for determining saleable lignite. In this study, the reasons of operating trouble in the power station produced by inadequate coal qualities have been investigated on the bases of the data supplied by administration of Afşin-Elbistan power station and results of boiler tests. Impact strength and calorific value - ash content (dry bases) is very important as limiting parameters for determining the saleable coal specifications. In order to determine the impact strength of Afşin-Elbistan lignite a method named modified impact strength index (MISI) has been developed. The MISI of Afşin-Elbistan lignite vary between %9.8 and %56. The average and the variance of the MISI has to be %45 and $\pm\%4$ respectively. There is a need to blend lignite and the control the quality to be well, within the range modified in frame of this study. Seam is divided as upper seam, where the Gytja Formation occurs as a sterile intercalation, and lower seam, where clay occurs instead of the Gytja. Conditional simulation method is used to create two different seam models. Chevron stacking method is used to minimise the variances of quality parameters.

Key Words: Coal quality control, slagging and sintering, impact strength of lignite, conditional simulation, stacking and blending

TEŞEKKÜR

Yapıcı eleştirileri ile çalışmalarım süresince beni yönlendirdiğinden ve ayrıca gösterdiği çok yakın ilgi ve yardımlarından dolayı sayın Hocam Doçent Doktor Ahmet Hakan ONUR'a içten teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım sırasında gösterdikleri ilgi ve sağladıkları kolaylıklardan dolayı Maden Mühendisliği Bölüm Başkanı Sayın Hocam Prof. Dr. Mesut ANIL'a,

Özellikle maden yataklarının jeostatistiksel yöntemlerle modellenmesi ve stoklama ve harmanlama konularında yardımlarını esirgemeyen Ecole Nationale des Mines de Paris'de görevli Öğretim Üyeleri Sayın M. du MOUZA'ya, Madam ARMSTRONG'a, ve M. WACKERNAGEL'e,

Şartlı modelleme yöntemi hakkında bana destek olarak yazılım ve bilgi sağlayan Sayın Doç. Dr. Cem SARAÇ'a,

Bilgisayar programlarının hazırlanmasında bana yardımcı olan National Coal India Firmasında görevli Sayın Rahul KUMAR'a,

Afşin-Elbistan termik santral ve maden işletmesine ilişkin çalışma ile ilgili verilerin sağlanmasında her türlü desteği sağlayan Maden İşletme Müdürü Sayın Temel AYTEN'e ve Termik Santral İşletme Müdür Yardımcısı Makine Mühendisi Sayın Ali KAPLANKIRAN'a,

Kömürlerin kazan kirlenme özellikleri konusunda bana literatür sağlayarak destek olan ve halen TKİ Genel Müdürlüğü'nde Etüt, Proje ve Tesis Daire Başkanı olarak görev yapan Sayın Ömer ÜNVER'e,

Kömür numunelerinin analizlerini büyük bir titizlikle gerçekleştiren Adana Çimento Sanayi Laboratuvarında görevli Sayın Aslan KINAY'a,

Çalışmalarım sırasında bana her konuda destek olan Maden Mühendisliği Bölümünde görevli Öğretim Elemanlarına ve Çalışanlarına,

Ayrıca bana sürekli olarak destek olan Anneme, Eşime ve Çocuklarıma,
Sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge No	Sayfa
Çizelge 1.1 Afşin-Elbistan Termik Santralinin Elektrik Üretim ve Kapasite Kullanım Oranları	2
Çizelge 1.2 Kömür Sınıflandırmasında Kullanılan Başlıca Parametreler (Özpeker, 1991).....	13
Çizelge 1.3 Fiili E Değerlerinin, Farklı Kanunlar ile Elde Edilen Sonuçlarının Karşılaştırılması (Société de l'industrie minérale, 1996).....	37
Çizelge 2.1. Kışlaköy Sektöründe Gerçekleştirilen Sondajlar (Otto - Gold, 1969).....	41
Çizelge 2.2. Çöllolar Sektöründe Damar Kalınlığı İçin Hesaplanan Hata İstatistikleri (Ünal ve Turhan, 1992)	42
Çizelge 2.3. Öğütülebilirlik Deney Sonuçları (Deutsch Babcock, 1975).....	43
Çizelge 2.4. İlk Kömür Satış Protokol'una göre Afşin - Elbistan Termik Santralına Verilecek Kömürlere 30 Günlük Devrelerdeki Kalite Değerleri (ETKB, 1982).....	44
Çizelge 2.5. Kömürlerin Kısa ve Elementer Analiz Sonuçları İle Santral İşletmeciliği Arasındaki İlişkiler (IEA, 1985).....	44
Çizelge 2.6. Kömürün Diğer Özellikleri İle Santral İşletmeciliği Arasındaki İlişkiler (IEA, 1985).....	45
Çizelge 2.7. Kömürün Kül Analiz Sonuçları ile Santral İşletmeciliği Arasındaki İlişki	45
Çizelge 2.8. İkinci Kömür Satış Protokol'una Göre Afşin - Elbistan Termik Santralına Verilecek Kömürlerin Temel Özellikleri (ETKB, 1992).....	46
Çizelge 3.1 Kışlaköy Sahasındaki Kömürlerin Kül Analiz Sonuçları.....	50
Çizelge 3.2 Sondaj Verileri Değerlendirilirken Kullanılan Değişkenler	51
Çizelge 3.3 Üst Damar Değişkenlerine İlişkin İstatistikler.....	51
Çizelge 3.4 Üst Damar Değişkenleri Arasındaki Korelasyonlar.....	51
Çizelge 3.5 K-S Test Sonuçları.....	52
Çizelge 3.6 Üst Damar Değişkenlerine İlişkin İstatistikler.....	52
Çizelge 3.7 Alt Damar Değişkenleri Arasındaki Korelasyonlar	53
Çizelge 3.8 K-S Test Sonuçları.....	53
Çizelge 3.9 Numunelerin Tanımı ve Düzeltilmiş Darbe Dayanım İndisleri (MISI)	54
Çizelge 3.10 -9.5: +3.15 mm Aralığında Yapılan Darbe Dayanım Deneylerinde Elde Edilen Sonuçlar	56
Çizelge 3.11 -4#: +3.15 mm Aralığında Yapılan Darbe Dayanım Deneylerinde Elde Edilen Sonuçlar	56
Çizelge 4.1 Santrale Verilecek Linyitlerin Orijinal Bazdaki Günlük Ortalaması	65
Çizelge 4.2 Linyitik Kül İçeren Linyit Damarlarına İlişkin Kısa İstatistik Analiz.....	69
Çizelge 4.3. Bitümlük Kül İçeren Linyit Damarlarına İlişkin Kısa İstatistik Analiz	70
Çizelge 4.4 Afşin-Elbistan Linyitlerinin Öğütülebilirlik ve Diğer Özelliklerine İlişkin Kısa İstatistikler.....	72
Çizelge 4.5 Satılabilir Linyitlerin Darbe Dayanım ve Hardgrove İndeks Değerleri.....	73
Çizelge 4.6 Üst Damardaki Blokların Şartlı Modelleme Yöntemi ile Üretilen Ortalamaları ve Standart Sapma Değerlerine İlişkin İstatistikler.....	75

Çizelge 4.7 Alt Damardaki Blokların Şartlı Modelleme Yöntemi ile Üretilen Ortalama ve Standart Sapma Değerlerine İlişkin İstatistikler.....	80
Çizelge 4.8 Satılabilir Kömür Özellikleri	85
Çizelge 4.9 Harmanlama Modelinde Kullanılan Kısaltmalar	87
Çizelge 4.10 Homojenizasyon Modelinde Kullanılan Sembollerin Anlamları	88
Çizelge 4.11 Homojenleştirme Model Sonuçlarının Kısa İstatistikleri	89
Çizelge 4.12 Termik Santralda Yakıt Olarak Kullanılacak Linyitlerin Kalitesini Belirleyen Mevcut Ve Önerilen Parametrelerin Karşılaştırılması	90
Çizelge 4.13 Dört Saatlik Numunelerin Değişik Zaman Dilimlerindeki Standart Sapma Değerleri	91



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil No	Sayfa
Şekil 1.1 Erimiş veya Yapışkan Tortular Kazan İçerisindeki Isı Değiştirici Yüzeylerde Toplanarak Isı Transferini Engellemektedir	2
Şekil 1.2. Termik Santralin Bacasından Kaçan Uçucu Küllerin Kar Üzerinde Oluşturduğu Yığılımlar	3
Şekil 1.3 Afşin-Elbistan Havzası Yer Bulduru Haritası	4
Şekil 1.4 Kışlaköy Açık İşletmesi Genel Görünüşü (TKİ, 1995)	6
Şekil 1.5 Kömür Stok Sahası (TKİ, 1995)	7
Şekil 1.6 Stoklayıcı Makine (TKİ, 1995)	7
Şekil 1.7 Stoktan Alıcı Makine (TKİ, 1995)	7
Şekil 1.8. Afşin-Elbistan Termik Santrali Öğütme Çevrimi (TEAŞ, 1993)	10
Şekil 1.9 Kömür Kalite Kontrol Sisteminin Aşamaları (Ural ve ark., 1998)	17
Şekil 1.10 Etki yarıçapı (Crawford ve Hustrulid, 1979)	21
Şekil 1.11. Değişkenlerin m Değerlerine Bağlı Olarak Mesafeye Göre Değişimi (Crawford ve Hustrulid, 1979)	22
Şekil 1.12 Anizotropinin Mevcut Olması Durumunda Mesafelerle Ağırlıklandırma Yöntemi (Crawford ve Hustrulid, 1979)	22
Şekil 1.13. İki Stoklayıcı Makinanın Kullanıldığı Paralel İki Yığın (Van Leyen, 1977)	27
Şekil 1.14 Paralel Dört Yığın Düzeni (Van Leyen, 1977)	27
Şekil 1.15 Stoklayıcı Makine (Van Leyen, 1977)	28
Şekil 1.16 Windrow Stoklama Yöntemi (Van Leyen, 1977)	29
Şekil 1.17 Chevron Stoklama Yöntemi (Van Leyen, 1977)	29
Şekil 1.18 Chevron-Windrow Kombinasyonu (Schofield, 1980)	30
Şekil 3.1. Kışlaköy Sahası Güney-Batı Kesimi Sondaj Yer Bulduru Haritası	47
Şekil 3.2 KD-GB Kesiti	48
Şekil 3.3 KB-GD Kesiti	48
Şekil 3.4 790 Numaralı Sondaj Kayıt Bilgileri	49
Şekil 3.5. Kömürün Isıl Değeri ve Derinlik Arasındaki İlişki	49
Şekil 3.6. Küldeki CaO ve SiO ₂ Oranlarının Derinliğe Göre Değişimi	50
Şekil 3.7 Üst Damar Değişkenlerinin Dağılımları	52
Şekil 3.8 Alt Damar Değişkenlerinin Dağılımları	53
Şekil 3.9 Kömür Damarı İçerisindeki Katmanlar	54
Şekil 3.10 Tane Boyutunun ve Numune Miktarının Darbe Dayanım Deneyi Üzerindeki Etkileri	57
Şekil 3.11 Darbe Dayanım Ölçme Aygıtı	58
Şekil 3.12 Hardgrove İndeksi İle Düzeltilmiş Darbe Dayanım İndeksi Arasındaki İlişki	60
Şekil 3.13. Conditional Simulation Yönteminin Algoritması (David, 1977)	61
Şekil 3.14 Doğrusal Stoklama (Schofield, 1980)	62
Şekil 4.1 Santral 1. Ünite Yük Kontrol Grafiği (Teaş Vardiya Özet Raporu, 1998)	65
Şekil 4.2 Isıl Değer Kontrol Grafiği (TEAŞ Vardiya Özet Raporu, 1998)	66

Şekil 4.3 Kül Oranı Kontrol Grafiği (TEAŞ Vardiya Özet Raporu, 1998).....	66
Şekil 4.4 Kül Oranı Kontrol Grafiği (TEAŞ Vardiya Özet Raporu, 1998).....	67
Şekil 4.5 CaO Oranı Kontrol Grafiği (TEAŞ Vardiya Özet Raporu, 1998)	67
Şekil 4.6 CaO Oranı ile 1.Ünite Yüğü Arasındaki İlişki.	68
Şekil 4.7 Linyitik Küllerin Ergime Isıları ile Baz/Asit Oranları Arasındaki İlişki	70
Şekil 4.8 Bitümlük Küllerin Ergime Isıları ile Baz/Asit Oranları Arasındaki İlişki	71
Şekil 4.9 Bitümlük Küllerin Ergime Isıları ile Al_2O_3 Oranları Arasındaki İlişki	71
Şekil 4.10 Hardgrove İndeksi ile 1mm den Büyük Tane Oranı Arasındaki İlişki	73
Şekil 4.11 Kazanın Kül Atma Kapasitesine Bağlı Olarak Linyitin Isıl Değeri ile Kül Oranı Arasındaki İlişki	74
Şekil 4.12 Elektrik Üretimi ile Kal / Kül Oranı Arasındaki İlişki	74
Şekil 4.13 Üst Damar Değişkenlerine İlişkin Variogramlar	76
Şekil 4.14 Üst Damar Kalınlık Haritası.....	77
Şekil 4.15 Üst Damar Kalori/Kül Dağılımı	77
Şekil 4.16 Üst Damar Kal/Kül'ün Bloklara İlişkin Standart Sapma Değerleri.....	78
Şekil 4.17 Üst Damara İlişkin Darbe Dayanım Değerinin Dağılımı.....	78
Şekil 4.18 Üst Damara İlişkin Darbe Dayanım Değerinin Standart Sapma Dağılımı	79
Şekil 4.19 Üst damara ilişkin parametrelerin dağılımları (a) Kalınlık, (b) Mısı, (c)Kal/Kül Oranı.....	79
Şekil 4.20 Alt Damar Değişkenlerine İlişkin Variogramlar.....	81
Şekil 4.21 Alt Damar Kalınlık Haritası	82
Şekil 4.22 Alt Damar Kalori/Kül Dağılımı	82
Şekil 4.23 Kal/Kül'ün Bloklara İlişkin Standart Sapma Değerlerinin Dağılım Haritası.....	83
Şekil 4.24 Alt Damara İlişkin Darbe Dayanım Değerinin Dağılım Haritası	83
Şekil 4.25 Alt Damara İlişkin Darbe Dayanım Değerinin Standart Sapma Dağılımı	84
Şekil 4.26 Alt damara ilişkin parametrelerin dağılımları (a) Kalınlık, (b) Mısı, (c)Kal/Kül Oranı.....	85
Şekil 4.27 Harmanlama Modelinin Algoritması	86
Şekil 4.28 Harmanlama Modelinde Kullanılan Değişkenler	87
Şekil 4.29 Kömür Homojenizasyon Modeli	88
Şekil 4.30 Kömür Kalitesine İlişkin Parametrelerin Homojenizasyon İşleminden Önceki ve Sonraki Dağılımlarının Karşılaştırılması	89
Şekil 4.31 Stok Sahasına Giren ve Çıkan Linyitlerin MISI Değerlerindeki Sapmalar	89
Şekil 4.32 Afşin-Elbistan Linyit İşletmesinde Uygulanan Stoklama Yöntemi.....	91
Şekil 4.33 Kal / Kül Parametresinin 14 Günlük Ortalamalarının 152 Gün İçerisindeki Fiili Ve Geliştirilen Modele Göre Olması Gereken Standart Sapma Değerleri	92

1. GİRİŞ

Kişi başına tüketilen elektrik enerjisi miktarı bir ülkenin kalkınmışlığının en önemli göstergelerinden birisi olarak kabul edilmektedir. Ülkemizin enerji ihtiyacının karşılanabileceği kaynaklar da bellidir. Bunlar hidrolik, jeotermal, kömür, güneş, nükleer, petrol ve doğal gaz gibi enerji kaynakları olup, jeotermal, güneş ve rüzgar gibi doğal potansiyelleri son derece sınırlıdır. Petrol, doğal gaz ve nükleer kaynaklarda dışa bağımlılık ve rezerv konuları dikkate alınınca, öncelikle hidrolik ve linyit kaynaklarının değerlendirilmesi gereği ortaya çıkmaktadır. Afşin-Elbistan linyit havzası bu noktada büyük önem kazanmaktadır. 344 MW gücünde 16 adet termik santral ünitesinin yakıt ihtiyacını karşılayabilecek kapasiteye sahip olan havzada halen 4x344 MW gücündeki Afşin-Elbistan(A) Projesi faaliyettedir.

1.1. Çalışmanın Amacı

1984 yılında ilk ünitesi işletmeye alınan ve 1988 yılında 4 ünitesi ile hazır hale getirilen Afşin-Elbistan(A) termik santrali'nin performansı planlanan değerlerin altında gerçekleşmekte ve ayrıca çevre kirliliğine neden olmaktadır (Dünya Bankası Proje Performans Raporu, 1993). 1984-1997 yılları arasında 110.7 milyon MWh elektrik üretimi öngörülmüş ancak 55.5 milyon MWh yapılabilmiş ve programa göre gerçekleşme %49.9 oranında olmuştur (Çizelge 1.1). Termik santralin kazanlarında yakıt olarak kullanılan Afşin-Elbistan linyitlerinin kalitesinden kaynaklanan başlıca problemler şunlardır;

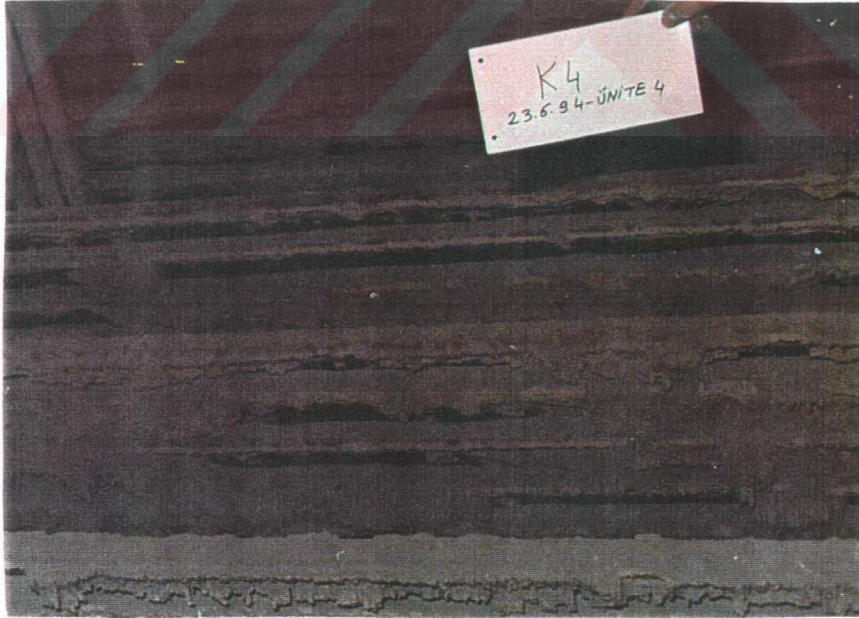
- Kazan altı ızgaralarının hava geçişleri erimiş veya yarı erimiş kül ile tıkanarak yanma veriminin düşmesine neden olmaktadır. Bu arıza türü vardiya raporlarında "kazan altının tıkanması veya kazan altı paletli çıkarıcıların yüklenmesi" olarak adlandırılmaktadır,

- Erimiş veya yapışkan tortular kazan içerisindeki ısı değiştirici yüzeylerde toplanarak ısı transferini engellemektedir (Şekil 1.1). Bu tortuların temizlenebilmesi için santralin her ünitesi yılda en az bir defa durdurularak ortalama 15 gün bakıma alınmaktadır. Ancak bu işlemler sırasında ısı değişim yüzeyleri de hasar görmektedir.

Yine bu erimiş ve yapışkan tortular kül nakliyat hattına hasar vererek santralin devre dışı kalmasına neden olmaktadır.

Çizelge 1.1. Afşin-Elbistan Termik Santralinin Elektrik Üretim Miktarları

YILLAR	ÜNİTE SAYISI (Adet)	FİİLİ ÜRETİM (MWh/yıl)	PLANLANAN ÜRETİM (MWh/yıl)	KAPASİTE KULLANIM ORANI (%)
1984	1	449800	1118000	46.4
1985	2	2283800	4472000	51
1986	3	4471240	6708000	50.2
1987	4	3024320	8944000	50.9
1988	4	1947300	8944000	51
1989	4	5650160	8944000	49.8
1990	4	4997140	8944000	49.7
1991	4	3642080	8944000	49.9
1992	4	4049720	8944000	49.2
1993	4	3210430	8944000	49.2
1994	4	5138910	8944000	49.4
1995	4	5869356	8944000	50.2
1996	4	5448410	8944000	50.2
1997	4	5010480	8944000	50.4
Toplam	-	55193146	110682000	49.9



Şekil 1.1. Erimiş veya Yapışkan Tortuların Kazan İçerisindeki Isı Değiştirici Yüzeylerde Toplanarak Isı Transferini Engellemesi

Projeye göre yanma artıklarının %80'inin elektro filtreler tarafından tutulması öngörülmüştür. Yanma artıklarının büyük bir çoğunluğunun uçucu olup kazanı baca gazları ile birlikte terk etmesi durumunda; bu filtreler daha yüksek uçucu kül konsantrasyonuna göre olmadığından aşırı yüklenip parçacıkların önemli bir kısmını elimine etmekte zaafa düşmekte ve bu suretle bacadan kaçan parçacıklar çevreyi kabul edilebilir sınırların ötesinde kirletmektedir (Şekil 1.2).



Şekil 1.2. Termik Santralin Bacasından Kaçan Uçucu Küllerin Kar Üzerinde Oluşturduğu Yığılımlar

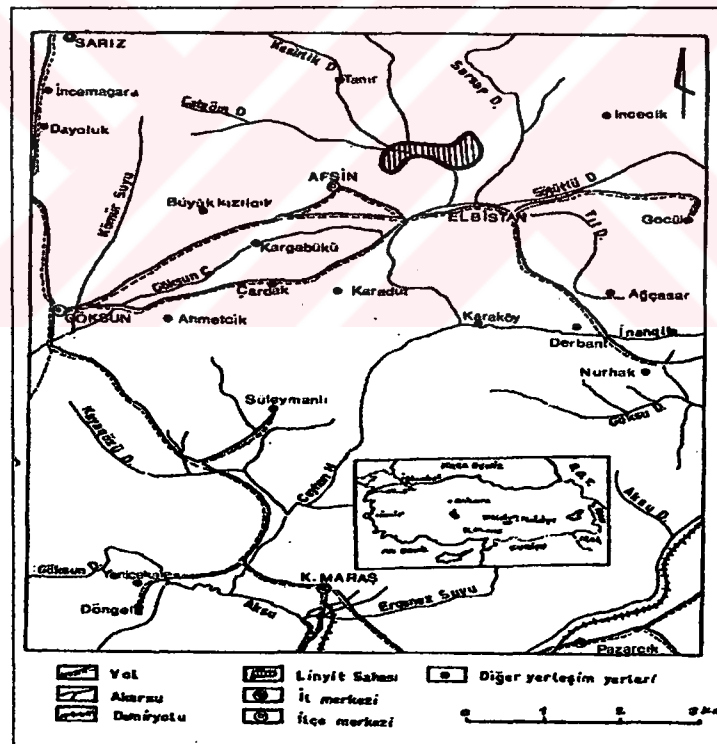
Bu çalışmanın amacı;

- Santralin performansını düşüren ve çevre kirliliğine neden olan linyit türlerinin özelliklerini saptayarak, satılabilir linyitlerin kalitesini belirleyen spesifikasyonları güncelleştirmek,

- Kömür yatağını modelleyerek değişik özellikler gösteren damarların miktar ve kalite dağılımlarını ortaya çıkarmak ve böylece daha etkin bir üretim planlaması yapılmasına olanak sağlamak ve
- Farklı kalitedeki kömürlerin stok sahasında harmanlanması durumunda kalite sapmalarını en aza indirebilecek harmanlama yöntemini seçmektir.

1.1. Afşin-Elbistan Linyit Havzası Hakkında Genel Bilgiler

Afşin-Elbistan havzasında ilk çalışmalar 1966 yılında bir Alman firması ve Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğünün işbirliği ile başlamış ve sistemli olarak yapılan sondajlar neticesinde 1967 yılında ilk defa linyit keşfedilmiştir. Havza Kahramanmaraş ilinin Elbistan ve Afşin ilçeleri arasında 900 km²'lik bir alanı kapsamaktadır (Şekil 1.3).



Şekil 1.3. Afşin-Elbistan Havzası Yer Bulduru Haritası

Deniz seviyesinden 1150 m yükseklikteki havza 3.4 milyar ton linyit rezervi ile Türkiye'nin bilinen en büyük kömür havzasıdır. Bölgedeki 1376 MW gücündeki termik santralin yakıt ihtiyacı Kışlaköy açık işletmesi tarafından karşılanmaktadır.

Havza ulaşım olanakları açısından oldukça elverişli olup, Elbistan'a 30 km ve Afşin'e 14 km'lik asfalt bir yol ile bağlanmıştır. Ayrıca Elbistan'ın 70 km güney doğusunda yer alan Kapıdere tren istasyonu vasıtası ile demiryolu bağlantısı da vardır. Soğuk kara ikliminin egemen olduğu bölgede yazlar sıcak ve kurak, kışlar soğuk ve yağışlı geçer. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü (1990) tarafından yapılan 41 yıllık rasat süresince ölçülen en yüksek kar derinliği 98 cm'dir. Yılın 118 günü donlu, 27 günü şiddetli donlu geçmektedir. Ortalama nispi nem %62 olup, yılın 126 günü açık, 176 günü bulutlu ve 64 günü de kapalı geçmektedir. Topoğrafik açıdan saha genel olarak çok az bir meyille kuzeye doğru yükselmektedir. Linyit yatağı limnik havza tipine uygun bir ortamda çökelmiş ve yataklaşıma yataydır. Kömürlü serinin tavanını gıda ve kil, tabanını ise kil, marn, çakıllı ve kumlu kil teşkil etmektedir (Otto-Gold, 1969).

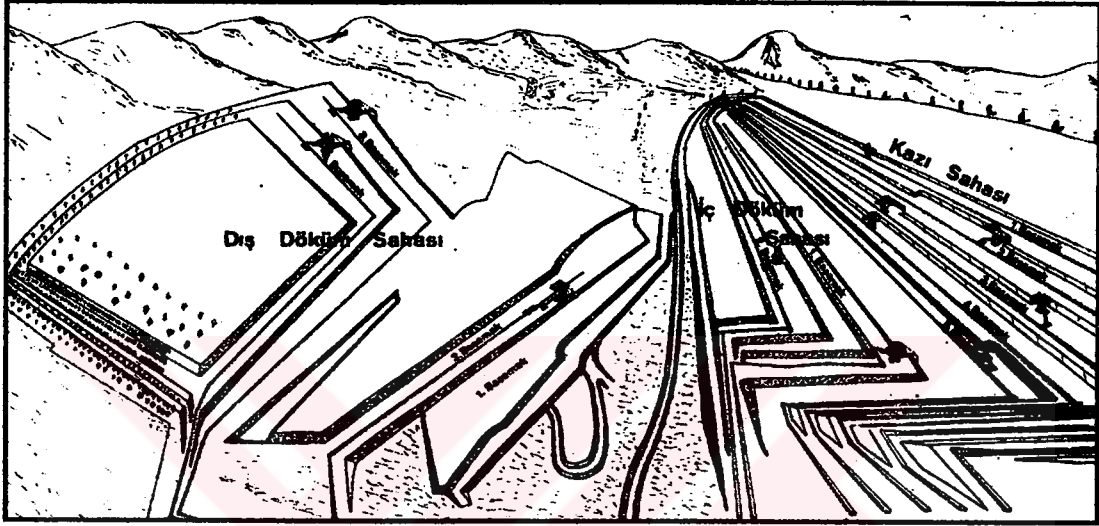
1.1. Afşin-Elbistan İşletme Müdürlüğü

Kışlaköy sektöründeki madencilik çalışmaları, 1995 yılına kadar Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu Genel Müdürlüğü'ne bağlı olarak 1975 yılında kurulan Afşin-Elbistan Linyitleri Müessesesi Müdürlüğü tarafından yürütülmüş olup, 1995 yılından itibaren de TEAŞ tarafından yürütülmektedir.

1.3.1. İşletme Yöntemi

Kışlaköy açık işletmesi (Şekil 1.4) havzanın ilk açık işletmesi olup yaklaşık 582 milyon ton rezervi olduğu hesaplanmış ve 1998 sonu itibarı ile 145 milyon ton üretim gerçekleştirilmiştir. Orijinal linyitin ortalama ısı değeri 1170 kcal/kg, kül oranı %17, nem oranı %55 ve kükürt oranı %1.46'dır. Maden 30 yıl boyunca 20 milyon ton/yıl üretimi gerçekleştirebilecek ve havzada açılacak olan diğer ocakların faaliyetlerine zarar vermeyecek şekilde planlanmıştır. 1980 yılında ilk madencilik faaliyetlerinin başlatıldığı işletmede, "Döner Kepçeli Ekskavatör + Bant Konveyör + Dökücü" yöntemi uygulanmaktadır. Örtü kazısı ve linyit üretimi, bunların nakli 3000 m³ (yerinde)/saat kapasiteli 6 adet döner kepçeli kazıcı, 5600 m³/saat kapasiteli 5 adet dökücü, bunların yardımcı ekipmanları ile 45 km uzunluğunda 1800 mm genişliğinde ve 5.2 m/sn hızla hareket eden konveyörlerle yapılmaktadır. Öngörülen üretim

hedeflerinin gerçekleştirilebilmesi için seçilen maden makine ve ekipmanları sahanın örtü/kazı oranı ile geometrisi dikkate alınarak belirlenmiştir. Çok sayıda kalınlığı az ara kesmelerin selektif olarak kazılması gerektiğinden, döner kepçe çapı küçük seçilmiştir. Ortalama örtü/linyit oranı 2.7/1'dir. Linyit tabakasının konumuna göre ocağın en sığ yeri 36 m ve en derin yeri de 133 m olacaktır.



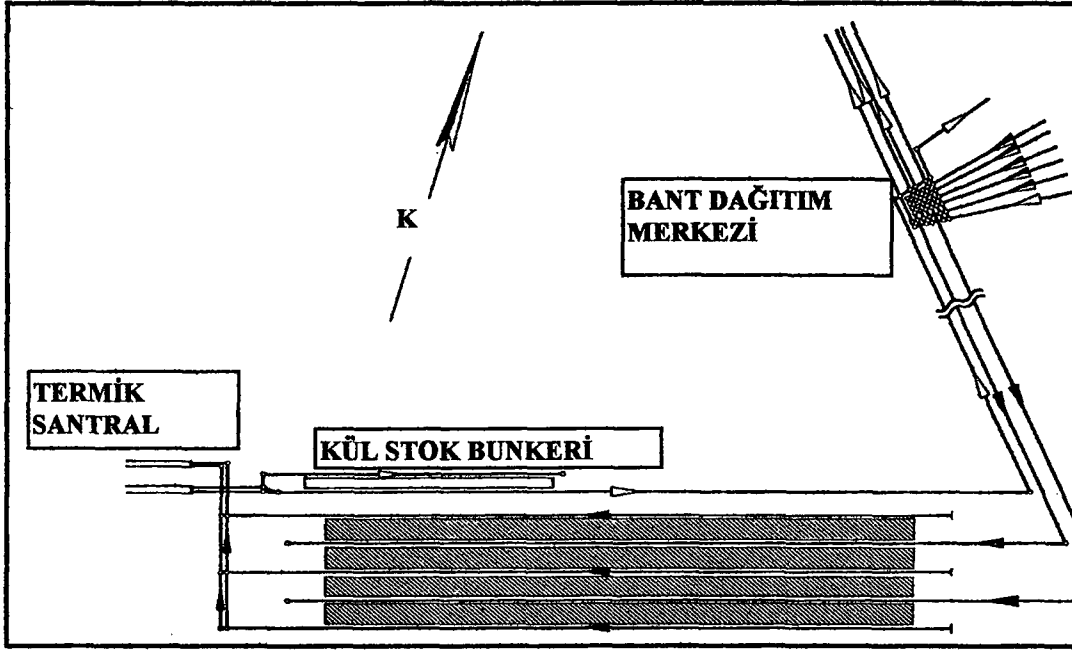
Şekil 1.4. Kışlaköy Açık İşletmesi Genel Görünüşü (TKİ, 1995)

1.3.2. Kömür Stok Sahası

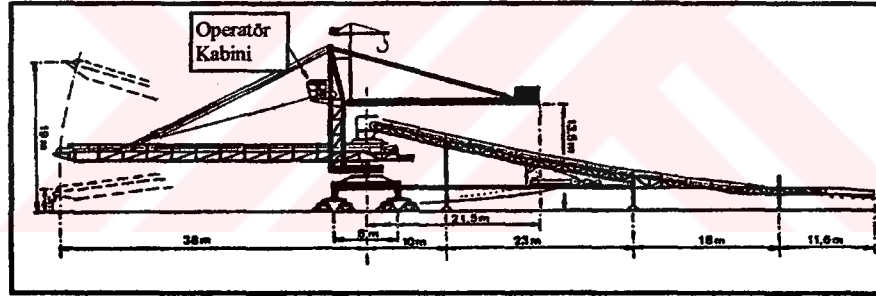
Ocakta üretilen kömürler konveyörlerle, 1000 m uzunluğundaki 4 bunkerden oluşan, stok sahasına nakledilmektedir (Şekil 1.5). İki ayrı konveyör hattı ile kömür stok sahasına getirilen kömürler, ray üzerinde hareket eden 5600 ton/saat kapasiteli 2 adet stoğa dökücü makine (Şekil 1.6) ile her biri 250000 ton kapasiteli bunkerlere yığılır. Stoktaki linyitler de yine ray üzerinde hareket eden 3050 ton/saat kapasiteli 3 adet stoktan alıcı makine (Şekil 1.7) ile termik santrale nakledilir.

Kömür stok sahasının kuruluş amacı aşağıdaki gibi sıralanabilir;

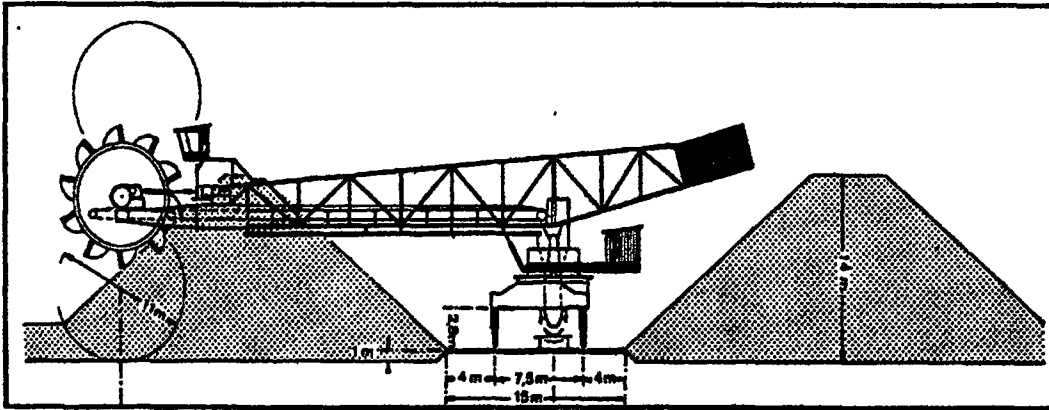
- Kömür üretiminde olabilecek herhangi bir aksaklık halinde termik santralin yakıtsız kalmasını önlemek,
- Maden yatağındaki farklı özelliklere sahip kömürleri, harmanlama yöntemleri ile, en üst düzeyde değerlendirmek,
- Santrale verilen kömürün kalitesindeki dalgalanmaları önlemek.



Şekil 1.5. Kömür Stok Sahası (TKİ, 1995)



Şekil 1.6. Stoklayıcı Makine (TKİ, 1995)



Şekil 1.7. Stoktan Alıcı Makine (TKİ, 1995)

1.1. Afşin-Elbistan(A) Termik Santrali

Afşin-Elbistan(A) Termik Santrali, bölgedeki düşük kaliteli linyitleri kullanarak elektrik enerjisi üretmek amacı ile kurulmuştur. 344 MW gücünde 4 adet ünitesi olan santralin montaj çalışmalarına 1978 yılında başlanılmış ve ilk ünitesi 1984 yılında hizmete alınmıştır. 1988 yılında tamamlanan santralin kw başına yatırım maliyeti 2065\$ olmuştur (TEAŞ, 1993).

1.4.1. Öğütme ve Yakma Çevrimi

1.4.1.1. Genel Kavramlar

Brüden : Santrallerde; su buharı, kömür tozu ve diğer gazların karışımına Brüden adı verilmektedir.

Brüden Gazı ve Kömürü : Brüden içerisinde bulunan kömür tozu Brüden kömürü, yine Brüden içerisindeki su buharı ve gaz karışımına Brüden gazı denilmektedir.

Brüden Elektrofiltresi : Brüden içerisindeki kömür tozlarının tutulduğu filtredir.

Primer Sistemi: Değirmenden çıkan toz kömürlerin ortalama nem oranı %20'dir. Bu kömürlerin %30'u Brüden sistemine sevk edilerek nem oranı %9 civarına kadar düşürülür ve ısı değeri artırılarak kazana sevk edilir. Geriye kalan kömürler ise primer adı verilen sistem vasıtası ile doğrudan kazana gönderilir.

Kazan Gaz Dengesinin Bozulması : Brüden gazının değirmen çıkışından Brüden filtresi yolu ile atmosfere atıldığı sistemlerde, Brüden filtresi üzerinden yeterli miktarda gazın atmosfere atılamaması sonucunda, atılamayan gazın kazan kızdırıcı yüzeyler üzerine yüklenmesi veya Brüden filtresi üzerinden gereğinden fazla gazın atılması sonucunda kızdırıcı yüzeyler üzerine yeterli gazın gitmemesi gibi olaylar gaz dengesinin bozulması olarak adlandırılmaktadır.

Ayrışma ve Ayrışma Oranı : Değirmenlerde öğütülerek kurumuş hale gelen kömür tozu, nem ve gaz karışımının Brüden sistemine primer sistemine gidecek şekilde ayrılmasına "ayrışma" ve bu ayrışma miktarının % olarak ifadesine "ayrışma oranı" denilmektedir.

Sıcak Gaz : Değirmen içerisinde kömürün kurumasını ve kurumuş toz kömürün yakıcılara taşınmasını sağlayan, sıcaklığı 500-1000°C arasında olan gazdır.

Soğuk Gaz : Kurutma gazının sıcaklığını, kömürün nemine ve miktarına bağlı olarak, ayarlama da kullanılan ve sıcaklığı 160-200°C arasında olan gazdır.

Blendomat : Kazan binasındaki kömür bunkerlerinden, kömürün değirmene giden bantlara verilmesini sağlayan sistemdir (TEAŞ, 1993).

1.4.1.2. Öğütme ve Yakma Çevrimi Çalışma Prensibi

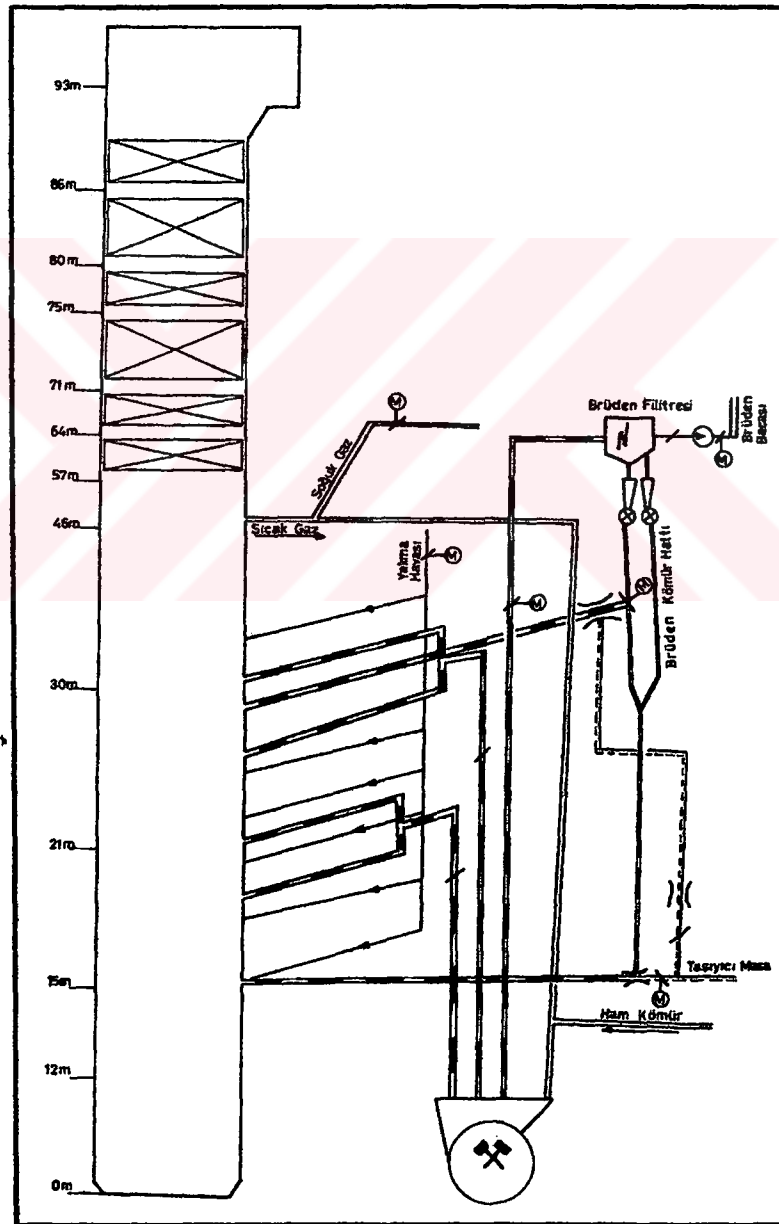
Kömür stok sahasından gelen kömürler -30 mm boyutuna düşürülerek kömür değirmenlerine ait bunkerlere gönderilir.

Her ünite de 6 adet 175 ton/saat kapasiteli çekiçli fanlı değirmenler bulunmaktadır. Değirmenler kendi emiş gücü ile ocaktan sıcak gazı emmekte ve kömür tozu-gaz karışımını yine kendi basma gücüyle kanallara sevk etmektedir. Emme ve basma gücü sevk ettiğ i maddenin özgül ağırlığının fonksiyonu olarak azalıp çoğalmaktadır. Değirmen fanından savrulan kömür tozlarının iri olanları savurma çemberinin dış tarafından primer sistemine, ince taneli olanlar ise brüden sistemine gitmektedir. Değirmen fanı bölgesinde kendi kütle sel kuvveti ile kanallara yönelen kömür tozları; primer sisteminde kanalın doğal çekiş i ve ocak vakumunun etkisi ile yakıcılara ulaşmakta, brüden hattına yönelen kömür tozu ise brüden kanalının doğal çekiş i ve brüden fanının emiş i ile brüden filtresine, buradan da brüden yakıcılara gelmektedir. Değirmende öğütülen linyitin %70'i primer hatlarına ve %30'u da brüden hatlarına gidecek şekilde dizayn edilmiştir. Benzer şekilde gaz ayrışma oranının da belli değerlerde olması gerekir. Değirmenin ocaktan emdiğ i sıcak gaz ile ilave edilen soğuk gaz ve linyitten gelen su buharının toplamının %60'ı brüden filtresi üzerinden atmosfere, %40'ının ise primer yakıcılardan ocağ a gitmesi gerekmektedir (Şekil 1.8).

Her ünite de 12 adet primer yakıcısı olup bunlardan altısı 27m kotuna, altısı da 20m kotuna yerleştirilmiştir. Ayrıca 6 adet brüden yakıcısı ve 6 adet de fuel-oil yakıcısı bulunmaktadır. Brüden ve fuel-oil yakıcıları kazanın 15m kotuna yerleştirilmişlerdir. Primer kömürü değirmen çıkışından sonra doğrudan yakıcılara ulaşmaktadır. Brüden kömürü ise önce brüden filtresi altındaki bunkerlere gelmekte ve

buradan brüden yakıcılar vasıtası ile ocağa püskürtülmektedir. Brüden yakıcıların düşük kota yerleştirilmesi, yani brüden kömürünün primer yakıcıların altından ocağa verilmesi ocakta dengeli bir yanmayı sağlamak içindir.

Düşük kalorili primer kömürü daha yüksek kalorili brüden kömürü ile desteklenerek dengeli bir yanma düşünülmüştür. Primer yakıcıların dengeli çalıştırılması brüden kömürü miktarına bağlıdır. Brüden kömürünün toplam yanma içindeki payı %30'dur.



Şekil 1.8. Afşin-Elbistan Termik Santrali Öğütme Çevrimi (TEAŞ, 1993)

1.4.2. Kül Atma Sistemi

Kömürün içindeki anorganik maddeler yanma esnasında oksitlenerek ve parçalanarak geride oksitlerden oluşan bir artık bırakır. Bu artığa “kömürün külü” ve külün oluşmasına neden olan anorganik maddelere de “kömür mineral madde içeriği” adı verilmektedir. Kazan işletmeciliğinde küller; uçucu kül ve curuf olarak sınıflandırılır.

- Curuf : Kazan altındaki son yakma ızgarasından curuf teknesine dökülen küllerdir.
- Uçucu Kül : Temizleme kanallarında, bacalarda ve elektrostatik filtrelerde toplanan, kömürün yanan ve yanmayan elemanlarına denir.

Afşin-Elbistan termik santralindeki kazanların toplam kül atma kapasitesi 172 ton/saat olup; ocakta oluşan toplam külün %80’i uçucu kül ve %20’si curuf olacak şekilde tasarlanmıştır.

Kazan altında biriken curuflar bunkerlere nakledilir. Kazan çıkışındaki elektro filtrelerde tutulan uçucu küller ise pnömatik olarak kül bunkerlerine gönderilir. Bunkerlerde nemlendirilen uçucu kül ve curuf konveyör sistemi ile toprak döküm sahasına nakledilir (Fischer, 1978).

1.4.3. Kazan İşletmeciliğinde Karşılaşılan Problemler ve Yapılan İyileştirmeler

Afşin-Elbistan Santrali 1.Ünitesi 7.7.1984 tarihinde devreye alındıktan sonra, 280 MW’ın üstündeki yüklerde, kül ergimesi sonucu, yanma odasında curuflaşma meydana geldiği görülmüştür. Projeye göre 160°C olması gereken baca gazı sıcaklığının ise 220°C’ye kadar çıkmıştır (TEAŞ, 1993).

Curuflaşmayı önlemek üzere, brüden elektro filtresinden gelen toz kömür ikiye ayrılarak %50’sinin 13.5 m kodundan, geriye kalan kısmının ise 28. m kotuna ilave edilen yakıcılardan kazana verilmesi sağlanmıştır. Baca gazı sıcaklığını düşürebilmek için de kazana 9200 m² ısıtma yüzeyi ilave edilmiştir.

Yapılan bu iyileştirmelerden sonra 344 MW gücüne ulaşılmış olmakla birlikte, spesifikasyonlara uygun olmasına rağmen bazı kömürler kazanda curuflaşma ve kül nakil sisteminde aksaklıklara neden olmaktadır. Bu durumda üniteleri sürekli olarak tam yükte çalıştırmak mümkün olmamaktadır.

1.5. Kömürlerin Sınıflandırılmasındaki Esas Parametreler ve Bunların Yanma Üzerindeki Etkileri

Kömür değişik oranlarda organik ve inorganik yapıcı ve bileşenler içeren tortul bir kayadır.

Kömürler amaca ve ülkelerin kömür özelliklerine bağlı olarak sınıflandırılabilir. Sınıflandırmada ortak ilke kömürleşme derecesi ve kullanım özelliğidir. Kömürleri sınıflandırmakta kullanılan başlıca parametreler Çizelge 1.2’de verilmiştir.

Katı bir yakıtın ısı değeri, birim ağırlığındaki yakıtın tamamen yanması sonucu açığa çıkan ısı biriminin sayısıdır (Küçükbayrak ve ark, 1991). Isıl değer kömürün kalorimetrede, oksijenli bir ortamda elektrikle yakılması ve meydana gelen ısının belli bir miktardaki suyun derecesini yükseltmesi ile ölçülür. Alt ısı değeri ise kömürün normal şartlarda içerdiği gazları ve yakma sırasında suyun yoğunlaşması ile ortaya çıkan ısının, üst ısı değerinden çıkarılması ile elde edilir.

Uçucu madde, kömürün hava ile temas etmeden ve belirli koşullar altında ısıtılması sonucunda, kütlesinden kaybettiği miktardır. Nemsiz kuru kömür oksijensiz ortamda ısıtıldığında, gaz ve sıvı ürünler halinde birtakım maddeler çıkmakta ve geride kok kalmaktadır. Isıtmaya bağlı olarak çıkan bu gaz ve sıvı maddelere, kömürün uçucu maddesi ve bunun toplam kömür ağırlığına olan oranına ise uçucu madde oranı denilmektedir.

$$\text{Nemsiz Kuru Kömür} = \text{Uçucu Madde} + \text{Sabit Karbon} + \text{Kül} = 100 \quad (1.1)$$

Ocak çıkışında, taş kömürü %1-3, sert linyitler %20-30, yumuşak linyitler %40-60 ve turbalar %60’ın üzerinde nem içerir. Kömürde üç farklı şekilde rutubet bulunur. Kömür yüzeyinde tutulan suya kaba rutubet veya yüzey rutubeti denilmektedir. Fiziksel olarak kömürde bulunan rutubete bünye rutubeti ve kömüre kimyasal olarak bağlı olan rutubete ise molekül suyu denilir.

Kömürün içindeki anorganik maddeler yanma esnasında oksitlenerek ve parçalanarak geride oksitlerden oluşan bir artı bırakır. Bu artığa ‘kömürün külü’ ve külün oluşmasına neden olan anorganik maddelere de ‘kömür mineral madde içeriği’ adı verilmektedir. Kömür yandığında mineral bileşenleri temel olarak silisyum,

alüminyum, demir ve kalsiyum bileşikleri, daha az miktarda ise magnezyum, titan, sodyum, potasyum bileşiklerinden ibaret bir artık oluşturur. Normal bir kül analizinde SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO , MgO , TiO_2 , K_2O , P_2O_5 ve SO_3 bileşikleri saptanmaktadır:

Çizelge 1.2. Kömür Sınıflandırmasında Kullanılan Başlıca Parametreler (Özpeker, 1991)

Kısa Analiz	Elementer Analiz	Fiziksel Özellikler	Isıl Değer
Kül Oranı Nem Oranı Uçucu Madde Sabit Karbon	Karbon Oranı Hidrojen Oranı Kükürt Oranı Azot + Oksijen	Yoğunluk Gözeneklilik Gaz Emme Özelliği Sertlik Öğütülebilirlik Renk Çizgi Rengi Mekanik Özellikleri	Alt Isıl Değer

1.5.1. Kömürde Yanmayı Etkileyen Esas Özellikler

Termik santralin kazan performansı ve kömürün kalitesi arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmalar başlıca aşağıdaki başlıklar altında toplanmaktadır;

- Kazan kirliliği,
- Cürufişma,
- Metal aksamda görülen aşınma,
- Yanma sırasında oluşan kimyasal reaksiyonlar,
- Maserallerin yanma prosesi üzerindeki etkileri.

Kömürün yakılması sırasında, erimiş veya yapışkan tortular ısı değiştirici yüzeylerde toplanır. Bu olay cürufişmaya yol açmaktadır. Sinterlenmiş malzemenin kazanın çeşitli kısımlarında tortu oluşturması ise kirlenmeye neden olmaktadır.

Yukarıda sıralanan problemleri araştırmak amacı ile yapılan çalışmalarda ise kömürün aşağıdaki özellikleri incelenmektedir.

1.5.1.1. Kükürt

Kazan performansı açısından kükürdün varlığını avantaj veya dezavantaj olarak sınıflandırmak güçtür. Kükürt oksitlerin belli çevre problemlerine neden olduğu

bilinen bir gerçektir. Bununla birlikte, özellikle yüksek klor oranına sahip kömürlerde, kazan kirliliğini ve korozyonu önleyebilmektedir. Diğer taraftan bazı kömürlerde kükürt oranı arttıkça külün kirlilik yaratma eğiliminin de arttığı görülmüştür (IEA., 1985).

1.5.1.2. Klor

Klor buhar üretiminde kullanılan kömürler için istenmeyen bir elemandır. Kömürün klor içeriği arttıkça külünün kazan kirlileme ve korozyon eğilimi artmaktadır. Bazı araştırmacılar, klor/kül oranının korozyon ve kazan kirliliğinin tahmininde kullanılabileceğini bildirmektedir. Bu oran azaldıkça külün kazan kirlileme özellikleri de azalmaktadır (IEA., 1985).

1.5.1.3. Kömürün Petrografisi

Petrografik analiz yöntemi kömürün rankını (kömürleşme derecesini) belirlemek amacı ile kullanılan en hassas yöntemdir. Kömürün rankı reaktivitesi ve yanma profili hakkında fikir veren önemli bir parametre olduğu için petrografik analizler kömürün reaktivitesini ve yanma profilini belirlemede kullanılan önemli bir araçtır (Sanyal, 1983).

Vitrinit oranındaki bir artış doğrudan doğruya kömürün rankında bir artış olduğunu gösterir. Genellikle kömürün rankı arttıkça reaktivitesi azalır. Kömürlerin reaktivitesi şu üç maseral grubunun kömür içerisindeki oranları ölçülerek belirlenebilir;

- Vitrinit
- Eksinit
- İnertinit

Eksinit çok reaktif ve uçucu madde oranı yüksektir. Onu vitrinit izler. İnertinit'in ise reaktivitesi çok düşüktür. İnertinit oranı arttıkça yanma verimi ve reaktivite azalmaktadır. Buna karşın, eksinit oranı arttıkça yanma oranı da artmaktadır.

1.5.1.4. Nem Oranı

Kazan içerisinde, nem oranındaki %5 oranında bir artışın kazan veriminde %0.3'lük bir verim kaybına neden olduğu belirlenmiştir (IEA, 1985). Genellikle iyi bir kazan işletmeciliği için nem oranının %5 ile %10 arasında olması istenmektedir.

1.5.1.5. Kül Oranı

Kül miktarının tek başına kazan performansı üzerindeki etkisi sınırlıdır. Kül oranının artması genellikle şu problemlere neden olmaktadır;

- Kırıcı ve değirmenlerdeki aşınma kayıplarındaki artışlar,
- Kazan içerisindeki elemanlarda yıpranma.

Eğer kül oranındaki değişiklik kazanın dizayn parametreleri arasında ise, külün kazan verimi üzerindeki etkisi fazla olmamaktadır. Ancak kül oranındaki büyük dalgalanmaların kazan performansını olumsuz yönde etkilediği görülmüştür (Dunningham, 1952).

ABD'deki bir araştırma sonucuna göre; son derece curuflaşma ve kazan kirliliğine eğilimi olan bir kömürün kül oranı düşürülerek kazan kirliliğinin ve curuflaşmanın azaldığı görülmüştür (IEA., 1985). Buradan hareketle, kül oranının sadece problemli kömürler için önemli bir parametre olduğu söylenebilir. Ancak, olaya elektrik üretimi açısından bakıldığında külün curuflaşma ve kirlletmeye eğilimi olsa da, kül oranı, maliyetler açısından da önemli bir kriterdir.

1.5.1.6. Külün Kimyasal Özellikleri

Kömür yakıldığında, mineral bileşenleri esas olarak silisyum, alüminyum, demir ve kalsiyum bileşikleri ile daha az miktarda magnezyum, titan, sodyum ve potasyum bileşiklerinden ibaret bir artık oluşturur. Kül bileşenleri analiz sonuçlarında oksitler halinde verilmekle beraber, bunlar çoğunlukla, yanma olayının gerçekleştirildiği şartlara bağlı olarak, silikatların, oksitlerin ve sülfatların karışımları halinde bulunurlar. Kömür küllerinin, erime özellikleri ile kirlletme ve curuflaşma eğilimlerinin, bileşimlerinden yararlanılarak tahmin edilmesi mümkündür (Meriçboyu ve ark., 1998).

Uluslararası Enerji Ajansının (1985) bildirdiğine göre, Raask (1973) kömür külünün silika oranı ile demir oksit içeriği kullanılarak kömürlerin sinterleşme ve curuf oluşturma eğilimi değerlendirmiştir.

$$\text{Silika Oranı} = (\text{SiO}_2 * 100) / (\text{SiO}_2 + \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{MgO}) \quad (1.2)$$

Meriçboyu ve arkadaşlarının (1990) bildirdiğine göre birçok araştırmacı kömürün külündeki bazik oksitlerin toplamının ($\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{MgO} + \text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$), asidik oksitlerin toplamına ($\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2$) oranını, külün curuflaşma eğiliminin göstergesi olarak kullanmışlardır. Bu oran Amerikan kömürlerinin küllerine uygulanmış ve en düşük ergime sıcaklığına baz/asit oranı 0.55 olan küllerin sahip olduğunu göstermiştir. Sondreal ve arkadaşları (1978), genç kömürlerin külleri için farklı bir kirlenme indeksi geliştirmişlerdir.

$$F_x = 0.38 \text{ Na}_2\text{O} + 0.006 \text{ SiO}_2 - 0.008 \text{ CaO} + 0.062 \text{ Kül} + 0.0037 \quad (1.3)$$

Bu denklemdeki Na_2O , SiO_2 ve CaO küldeki yüzde miktarlarını ‘Kül’ ise kuru kömürdeki kül oranını ifade etmektedir. ASME kazan kirlilik araştırma komisyonu, Fe_2O_3 içeriği CaO ’dan yüksek olan kömür küllerini “bitümik tip kül”; CaO içeriği Fe_2O_3 içeriğinden yüksek olan külleri ise “linyitik tip kül” olarak sınıflandırmıştır (Winegartner, 1974).

Buna alternatif olan diğer bir tanımlamaya göre ise (Raask, 1985);

$$\text{Bitümik tip kül} : \text{SiO}_2 > (\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{Na}_2\text{O}) \quad (1.4)$$

$$\text{Linyitik tip kül} : \text{SiO}_2 < (\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{Na}_2\text{O}) \quad (1.5)$$

Külün tipinin kömürün rankına uyması gerekmemektedir. Bitümik küller asidik ve linyitik olanlar ise alkalidir. Graffin ve Profita (1969), külün toplam alkali içeriğini ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$) tortu oluşturma eğiliminin göstergesi olarak kabul etmişlerdir.

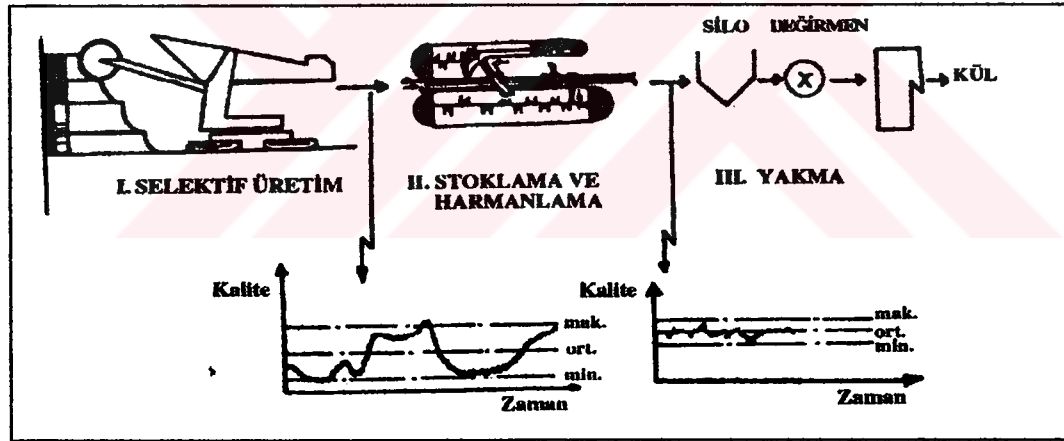
$$\text{Kömürün Na}_2\text{O eş değeri} = (\text{Na}_2\text{O} + 0.659 \text{ K}_2\text{O}) \text{ Kül}/100 \quad (1.6)$$

Bu denklemdeki Na_2O ve K_2O küldeki ağırlık yüzdelerini, “Kül” ise kül içeriğini ifade etmektedir. Attig ve Duzy (1969), külün baz/asit oranını, Na_2O içeriği ile çarparak kül ergime sıcaklığı ile arasındaki ilişkiyi (F_y) açıklamışlardır.

$$F_y = \text{Baz/Asit} * \text{Na}_2\text{O} \quad (1.7)$$

1.6. Kömür Üretiminde Kalite Kontrolü

Kömür üretiminde kalite kontrolü kavramı, üreticiler ile tüketiciler arasındaki, kömürün kalitesinden kaynaklanan anlaşmazlıkların yaygınlaşması ve çevre bilincinin artması ile giderek önem kazanmaktadır. Son yıllarda, baca gazlarındaki kirletici emisyonlara getirilen standartlar ve kömür kalitesinin tüketicilerin belirlediği standartların dışına çıkması ile yakma sisteminde oluşan verim kayıpları, kömür üretiminde kullanılan kalite kontrol yöntemlerinin hızla gelişmesine neden olmuştur. Yapılan araştırmalar, kömür üretiminde etkin bir kalite kontrolünün sağlanabilmesi için sistemin, maden yatağından kömürün değerlendirildiği noktaya kadar, bir bütün olarak değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymuştur (Şekil 1.9). Bu çerçevede maden yatağının modellenmesi, kömürün yanma özelliklerinin belirlenmesi, üretim yöntemleri, stoklama ve harmanlama sisteminin modellenmesi ve izleme sistemleri gibi disiplinler, kalite kontrolü açısından büyük ilerlemeler kaydetmiştir.



Şekil 1.9. Kömür Kalite Kontrol Sisteminin Aşamaları (Ural ve ark., 1998)

1.6.1. Kömür Yatağının Modellenmesi

Modellemenin amacı, bölgesel olarak özellikleri (kalori, kül, nem, kalınlık gibi) bilinen kömür yatağının daha geniş bölgeler ve hatta tüm yatak için tahminin yapılmasıdır. Kontrollü kömür yakma gereksinimi olan işlemlerde modellemenin önemi daha çok ortaya çıkar. Zira bilinen değerler olarak ele alınan sondajlar ile bilinmeyen bölgelerin kömür ile ilgili tüm parametrelerinin tahmini, kömür harmanlama

çalışmalarının temelini oluşturur. Genel olarak tahmin yöntemleri üç ana grup altında incelenir: Bunlar geometrik yöntemler, mesafelerle ağırlıklandırma yöntemleri ve jeostatistik yöntemi olarak sayılabilir.

1.6.1.1. Poligon Yöntemleri

Geometrik yöntemler grubunda incelenecek olan poligon yöntemi, geleneksel olarak el ile hesaplama yöntemleri olarak anılmasının yanında bilgisayar uygulamaları da oldukça gelişmiş bir yöntemdir. Ocak planlama mühendisleri tarafından, yatağın özellikleri göz önüne alınarak geliştirilen kurallar dizisi çerçevesinde çok kenarlılardan oluşan bir yöntemdir. Bu kurallar kömürleşmeyi teyit eder nitelikte olmalıdır. Dikey sondaj kuyuları kullanıldığı gibi eğimli sondaj kuyuları ile, iki ve üç boyutlu uygulamaları da mevcuttur. Kurallar dizisi belirlendikten sonra interpolasyon aşağıdaki şekilde uygulanır:

- Sondaj verileri ve diğer numunelerin yerleri ile birlikte içerdikleri ayrıntılı bilgiler yatay kesitler halinde ortaya konmalıdır,
- Sondajlardan elde edilen veriler, basamak yüksekliklerine karşılık gelecek şekilde sınıflanır. Numunelerin yükseklikleri, basamakların orta noktalarına gelecek şekilde belirlenmelidir.
- Etki alanı veya etki yarıçapı, jeolojik ve madencilik deneyimleri göz önüne alınarak belirlenir.
- Birbirinden etki yarıçapının iki katı kadar mesafede olan sondajlar birbirleri ile bir çizgi ile birleştirilir.
- Bu birleştirme çizgilerinin orta noktalarından bir dik çizilir ve orta noktalardan çizilen dikler birbirlerini kesinceye kadar uzatılır.
- Eğer iki doğru birbirlerine paralel veya yaklaşık olarak paralel bir konumda bulunuyorlar ise bunların kesişmeyecekleri açıktır ve böyle bir durumun oluşması halinde sondaja en yakın doğru, poligon sınırı olarak tespit edilir ve aralarında etki alanından iki kat mesafe farkı bulunan sondajlarda (böyle elemanlara yatak sınırlarında rastlanır) sekiz kenarlı bir poligon, maksimum etki alanını temsil etmek için kullanılır.

1.6.1.2. Mesafelerle Ağırlıklandırma Yöntemi

Bu yöntem gelişen bilgisayar teknolojisi ile popüler hale gelmiştir. Çok fazla sayıda ardışık hesaplamalara olan gereksinimi nedeni ile bilgisayarlardan faydalanma kaçınılmaz olmuştur. Yöntemin aslı, kömürleşme aşamasında meydana gelen kömür yatağı ile ilgili tüm parametrelerin mesafenin fonksiyonu olarak tanımlanmasından ibarettir. Eğer bu fonksiyon belirlenebilir veya tahmin edilebilirse, örnek alınamayan bölgelerin büyük bir hassasiyet ile tahmini sağlanabilir. Mesafelerle Ağırlıklandırma Yöntemi'nin amacı, bilinmeyen bir bölge veya noktadaki kömür ile ilgili tüm özelliklerin, çevresindeki bilinen noktaların lineer kombinasyonu ile atanmasına dayanır. Özellikle kömür yatakları gibi sedimanter oluşumlarda, herhangi bir noktaya çevre noktaların etkisi mesafenin artması ile azalır, diğer bir deyişle bölgesel özelliklerdeki değişim mesafe ile ters orantılıdır. Mesafelerle ağırlıklandırma yönteminde, poligon yönteminde olduğu gibi bazı kurallar geliştirilebilir ve bu çerçevede tahmin yapılabilir. Yöntem ile iki ve üç boyutlu tahminlerin yapılması mümkündür. Genel proses aşağıdaki gibi açıklanabilir:

- Her bir sondaj için, basamak yüksekliklerini göz önüne alarak kömür ile ilgili bilgilerin tamamı lokasyonları ile birlikte bilgisayar ortamına aktarılır.

- Değerlendirilecek olan noktadan etki yarı çapı içerisindeki tüm sondajlar belirlenir.

- Bu sondajlar içerisinde birbirleri ile çok küçük açı yapan sondajlar belirlenir ve bunlar değerlendirmeden çıkarılır. Diğer bir deyişle birbirlerine çok küçük açılarla yaklaşan sondajlar tek bir sondajmış gibi alınır.

- Bilinen değerler yardımı ile (1.8) nolu formül kullanılarak hesaplama işlemi yapılır.

$$D = \left[\sum_{i=1}^n D_i / d_i^m \right] / \left[\sum_{i=1}^n 1 / d_i^m \right] \quad (1.8)$$

- Burada; D bilinmeyen değer, D_i etki yarıçapı içerisinde bulunan bilinen değerler (Şekil 1.10), n bilinen değer adedi, d_i bilinen değerlerin bilinmeyen D

noktasına uzaklıkları ve m ise ağırlık faktörüdür. Hesaplanan değer bloğa veya istenen noktaya atanır (Crawford ve Hustrulid, 1979).

$$D = \frac{D_2 \frac{1}{d_2^m} + D_4 \frac{1}{d_4^m} + D_6 \frac{1}{d_6^m} + D_7 \frac{1}{d_7^m} + D_9 \frac{1}{d_9^m}}{\frac{1}{d_2^m} + \frac{1}{d_4^m} + \frac{1}{d_6^m} + \frac{1}{d_7^m} + \frac{1}{d_9^m}} \quad (1.9)$$

(1.8) nolu eşitlikteki d^m terimi ağırlık faktörü ve $1/d^m$ ise normalleştirme faktörü olarak adlandırılır. İkinci terim, ağırlık faktörünü, çevre değerlerinin lineer kombinasyonu indirgeyicisi olarak işlem görür. Bu özelliğinden dolayı (1.8) nolu eşitlik aşağıdaki şekilde ifade edilir:

$$D = \sum_{i=1}^n a_i D_i \quad (1.10)$$

Burada; a_i 'ler normalleştirici ağırlık katsayılarıdır ve aşağıdaki özelliğe sahiptir:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^n a_i &= 1 \\ 0 \leq a_i &\leq 1 \end{aligned} \quad (1.11)$$

Mesafelerle ağırlıklandırma yönteminde etki yarıçapı R'nin belirlenmesi kadar önemli olan d^m terimindeki m' in doğru tespit edilmesidir. Zira m değeri 0 ile ∞ arasında değer alabilir ve bunun etkisi Şekil 1.11'de gösterildiği gibidir. $m=1$ için lineer interpolasyon olurken $m=\infty$ için mesafelerle ağırlıklandırma yöntemi poligon yöntemine yaklaşır. m değeri yataktan yatağa değişen bir değerdir ve bu yöntem ile interpolasyona başlamadan önce yatağın jeolojisine bağlı olarak en uygun değer tespit edilmelidir. m değerinin tespiti için en uygun yöntem ortalama mutlak hata (OMH) veya hataların karelerinin ortalamasının (HKO) bulunmasıdır (Ural ve ark., 1998).

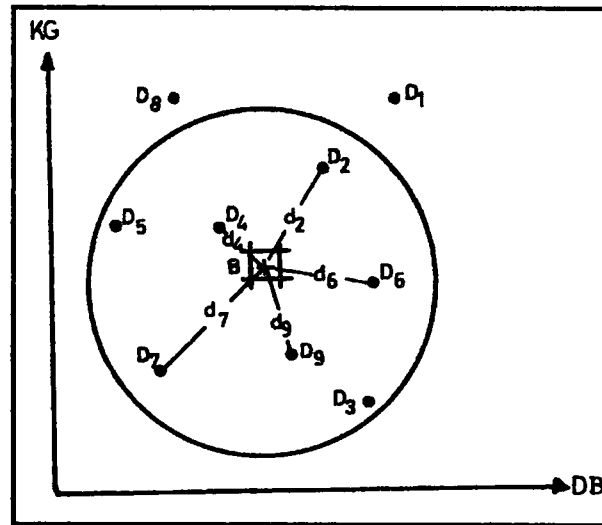
$$OHM = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |Tahmin\ değeri - Gerçek\ değer| \quad (1.12)$$

$$HKO = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Tahmin\ değer - Gerçek\ değer)^2 \quad (1.13)$$

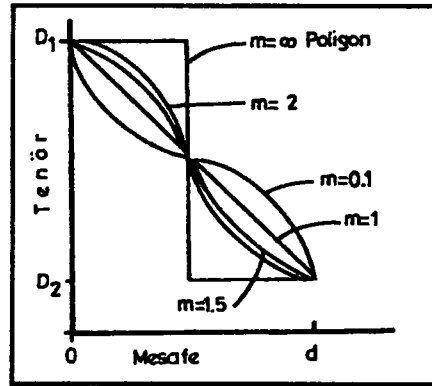
Kömür yatağını en iyi temsil edebilecek m değerinin saptanması için değişik m değerleri kullanılarak her bir sondaj için bilinen değerler yerinden çıkarılır, (1.8) nolu eşitlik kullanılarak tahmin yapılır ve (1.11) veya (1.12) nolu eşitliklerden faydalanılarak hatalar hesaplanır. En düşük hatayı veren m değer yatağı en iyi tanımlayan değer olarak alınabilir.

Mesafelerle ağırlıklandırma yöntemi aynı zamanda kömür yatağı içerisinde mevcut anizotropileri farklı mesafelerle ağırlıklandırmayı da mümkün kılar (Şekil 1.12). Eğer etki mesafesi R yarıçaplı bir daire yerine, X ve Y uzunluklarından meydana gelen eksenlerden oluşmuş bir elips ise, aranan değer D aşağıdaki gibi hesaplanabilir:

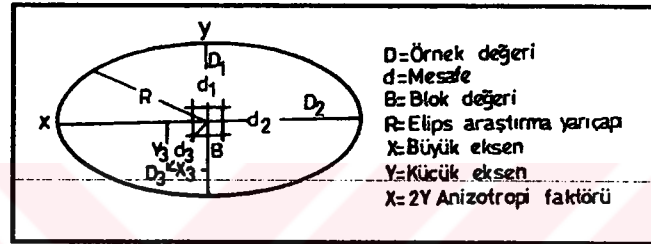
$$D = \frac{(D_1 / 2d_1^m) + (D_2 / 2d_2^m) + (D_3 / (x_3^m + 2y_3^m))}{1/2d_1^m + 1/d_2^m + 1/(x_3^m + 2y_3^m)} \quad (1.14)$$



Şekil 1.10. Etki yarıçapı (Crawford ve Hustrulid, 1979)



Şekil 1.11. Değişkenlerin m Değerlerine Bağlı Olarak Mesafeye Göre Değişimi (Crawford ve Hustrulid, 1979)



Şekil 1.12. Anizotropinin Mevcut Olması Durumunda Mesafelerle Ağırlıklandırma Yöntemi (Crawford ve Hustrulid, 1979)

1.6.1.3. Jeoistatistik Yöntemi

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:

$$2\gamma = \frac{\sum_{x=1}^n (D_x - D_{x+h})^2}{n} \quad (1.15)$$

Burada; n çiftlerin 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 çift 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.

Jeostatistik 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 indirgeyen 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 hesaplamadan çıkarılır.

- n etki alanı içerisinde kalan örnek sayısı olmak üzere, $n+1$ bilinmeyeni ve $n+1$ denklemi olan bir sistem elde edilir (Journel ve Huibregts, 1991).

$$|\Sigma| |A| = |D| \quad (1.16)$$

$$\Sigma = \begin{bmatrix} \sigma_{11} & \sigma_{12} & \sigma_{1n} & 1 \\ \sigma_{21} & \sigma_{22} & \sigma_{2n} & 1 \\ . & . & . & . \\ \sigma_{n1} & \sigma_{n2} & \sigma_{nn} & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad A = \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ . \\ a_n \\ \mu \end{bmatrix} \quad D = \begin{bmatrix} \sigma_{Ax_1} \\ \sigma_{Ax_2} \\ . \\ \sigma_{Ax_n} \\ 1 \end{bmatrix} \quad (1.17)$$

Bu sistemden $|A|$ katsayılar matrisi çekilirse

$$|A| = |\Sigma|^{-1} |D| \quad (1.18)$$

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

$$\sum_{i=1}^n a_i = 1 \quad 0 \leq a \leq 1 \quad (1.19)$$

özellği taşıyan ağırlık katsayıları hesaplandıktan sonra bilinmeyen bir noktanın değeri:

$$A = D_1 a_1 + D_2 a_2 + D_3 a_3 + \dots + D_n a_n \quad (1.20)$$

olarak ortaya çıkar. D_i 'ler etki mesafesi içerisindeki bilinen değerlerdir. Yukarıdaki işlemler tüm sondaj değerleri için tekrarlanarak (1.17) 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.

1.6.2. Üretilabilir ve Satılabilir Kömür Özelliklerinin Belirlenmesi

Bir kömür yatağının ekonomik değerlendirilmesi yapılırken tüketicilerin kömür kalitesi ile ilgili talepleri dikkate alınarak üretilabilir ve satılabilir kömürlerin özellikleri belirlenir. Genellikle ısı değeri, kül, nem ve kükürt oranları gibi kömürün kalitesini belirleyen parametrelerin geniş bir aralıkta dağılım gösterdiği yataklarda kömürler iki kısımda incelenebilir:

- Doğrudan tüketime sunulabilecek özelliklere sahip “standart kömürler”,
- Ancak bir hazırlama işlemine tabi tutulduktan sonra tüketiciye sunulabilecek “kritik kömürler”.

Kömürün yanmayı ve çevreyi etkileyen başlıca özellikleri şunlardır: Alt ısı değeri, uçucu madde, sabit karbon, nem ve kül oranları, kül sinterleşme sıcaklığı, reaktivite, kırılgenlik, kül yumuşama katsayısı, kükürt, klor ve flor içerikleri ile iz elementler. Termik santrallerde yakıt olarak değerlendirilen kömürlerin kalitesini belirleyen fiziksel ve kimyasal özellikler, kömür üreticileri ile tüketicileri arasında yapılan protokol ile belirlenmektedir. Kömürün ısı değeri, kül, kükürt, öğütülebilirlik ve nem içeriği ile külün kimyasal bileşimindeki değişiklikler çeşitli işletme sorunlarına neden olmaktadır. Bu değişikliklere bağlı olarak santralin düşük yükte çalışması, devreden çıkması, yedek tesis kısımlarının devreye alma zorunluluğunun olması, teçhizat kapasitelerinin yetersiz kalması gibi sonuçlarla karşılaşmaktadır. Elektro filtrelerin kül yükünün artması, yanma odası sıcaklığının yükselmesi, baca gazı çığleşme noktasının değişmesi ve kükürt oksit konsantrasyonunun artması gibi

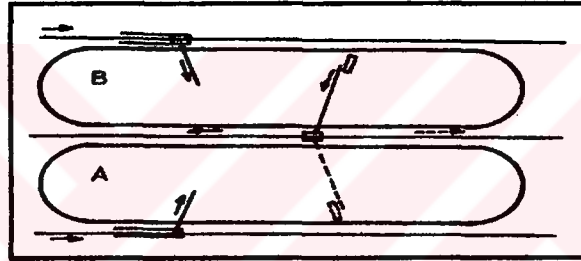
olaylar, sırası ile baca gazlarındaki partikül madde ve azot oksit emisyonlarının artmasına, baca gazı kükürt arıtma tesislerinin kurulmuş olması halinde bile bu tesislerin kükürt oksit yükünün dolayısı ile temiz gazdaki kükürt oksit konsantrasyonunun artmasına yol açmaktadır (Esin, 1994).

1.6.2.1. Kömür Stok Sahasının Tasarımı ve Makine Parkının Seçimi

Stok sahası birim alana en üst düzeyde stok yapılacak şekilde tasarlanmalıdır. Zemin, stoklayıcı ve stoktan alıcı makinaları taşıyabilecek stabiliteye sahip olmalı ve gerekirse ray üzerinde hareket eden makinalar için yürüyüş yollarına balast dökülerek sıkıştırılır. İklim koşulları makine ve teçhizatın tasarımı için çok önemlidir. Isının eksi 25°C kadar düştüğü yerlerde ekipmanların çelik yapıları özel malzemelerden imal edilir. Ayrıca donmuş stok yığınlarının kazılabilmesi için stoktan alıcı makinaların kazı kuvveti daha yüksek seçilmelidir. Çok yağış alan yörelerde stok sahasının üstü kapatılabilir (Van Leyen, 1977). Doğal yığın açısı küçük olan kömür stokları için daha geniş alanlar gerekir. Parça boyutu küçüldükçe yükleme işlemi kolaylaşır. Büyük boyutlu kömürler genellikle eteklerde toplandıklarından, stoklama yöntemi seçilirken, bu husus göz önüne alınmalıdır. Doğal yığın açısı küçük olan kömürler dökücü kolun açısını sınırlandırır. Bu tip kömürlerin stoklanabilmesi için daha uzun kollu stoklayıcı makinalara ihtiyaç duyulur. Kömürlerin içten yanmaya olan yatkınlığı, yığının yüksekliğini belirleyici rol oynar. Kullanılabilir stok hacmi deyimi stoklanan ve stoktan geri yüklenen kömür hacmi için kullanılmaktadır. Ancak bazı beklenmeyen durumlar için stokta ölü bir hacim oluşturulabilir. “Ölü stok hacmi” genellikle stoklayıcı ve stoktan alıcı makinaların çalışma alanı dışında kalır ve buradaki kömürler, acil durumlarda loder veya dozer ile çalışma alanı içerisine itilir. Kömür stok sahasında farklı özelliklere sahip kömürlerin birlikte harmanlanması gerekebilir. Harmanlama yöntemi; stok yığınlarının düzenlerini, stoklama şekillerini ve makine parkı seçimini etkiler. Bu nedenle makine parkı seçilirken, uygulanacak harmanlama yöntemi de göz önüne alınmalıdır.

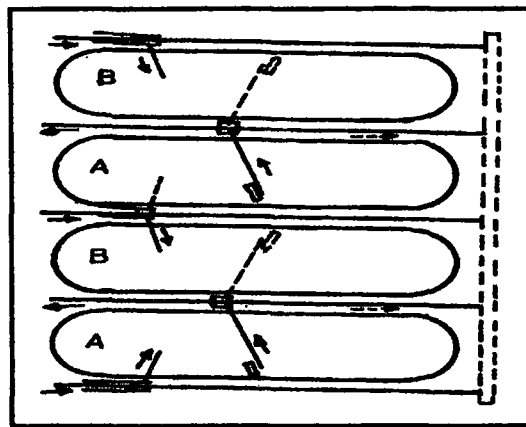
1.6.2.1.(1).Stok Yığınlarının Çeşitleri ve Özellikleri

Tek Yığın olarak tasarlanan stok sahalarında, stoklayıcı ve stoktan alıcı makinalar karşılıklı olarak yerleştirilirler. Paralel yığınlar şeklinde tasarlanan stok sahaları tek yığınlı stoklara göre daha avantajlıdır. Her iki yana dönebilen stoklayıcı ve stoktan alıcı makinalar ile stoklama kapasitesi iki katına çıkarılabilir. Stoklayıcı makinanın aynı bant konveyöre yükleme yapan stoktan alıcı makine ile uyumlu olarak çalıştırılması zorunludur. Bu dezavantajın ortadan kaldırılabilmesi için bazı stok sahalarında iki tane stoklayıcı makine kullanılmaktadır. Eğer farklı özelliklere sahip kömürlerin ayrı stoklanması gerekiyor ise yığınlar kendi içerisinde bölümlere ayrılır. Ancak bu bölümler arasında bırakılan boşluklar stoklama kapasitesini düşürür.



Şekil 1.13. İki Stoklayıcı Makinanın Kullanıldığı Paralel İki Yığın (Van Leyen, 1977)

Paralel dört yığın sisteminin uygulandığı stok sahalarında, genellikle, iki adet stoklayıcı ve üç adet stoktan alıcı makine kullanılır (Şekil 1.14).



Şekil 1.14. Paralel Dört Yığın Düzeni (Van Leyen, 1977)

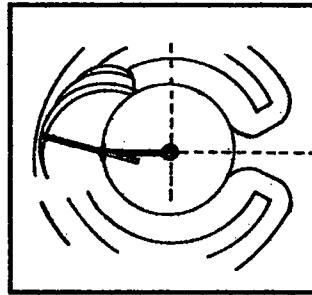
Dairesel yığınlar, özellikle stoklanacak kömür miktarı sınırlı ise tercih edilmektedir. Stoklama işlemi, kömürün çember şeklinde oluşturulan yığının

merkezindeki sabit bir kuleden dökücü kola aktarılması ile yapılır. Paralel yığınlı stok sahalarına oranla üstünlükleri şunlardır:

- Yatırım maliyeti %30 oranında daha azdır,
 - Bant konveyör sisteminin kısa olması ve daha düşük kurulu güç gerektirmesi nedeni ile işletme ve bakım giderleri düşüktür,
 - Üstünün kapatılması kolaydır.
- Sakıncaları ise şunlardır.
- Stoklama kapasitesini artırmak olanaksızdır
 - Yeraltı suları kömür çıkış tünelinin inşasını imkansız kılabilir veya işletme zorlukları çıkarabilir.

1.6.2.1.(2). Stoklayıcı ve Stoktan Alıcı Makinalar

Stoklayıcı makinalar uygulanacak stok yöntemi esas alınarak tasarlanır. Sabit döküş kollu stoklayıcılar, düşük ilk yatırım maliyetine rağmen, tozayan materyallerin yığılmasında pek kullanılmaz. Bunun yerine genellikle, kömür gibi tozlaşmaya yatkın materyallerin yığılmasında döküş kolu indirilip kaldırılabilen makinalar tercih edilmektedir (Şekil 1.15). Stoktan alıcı makinalar aşağıdaki başlıklar altında sınıflandırılabilir; “Bom Tipi-Döner Kepçeli Makinalar” halen yaygın olarak kullanılmaktadır. Her türlü harmanlama yöntemine kolaylıkla uyum sağlayan bu stoktan alıcı makinalar özel amaçlı uygulamalarda da başarı ile kullanılmaktadır.



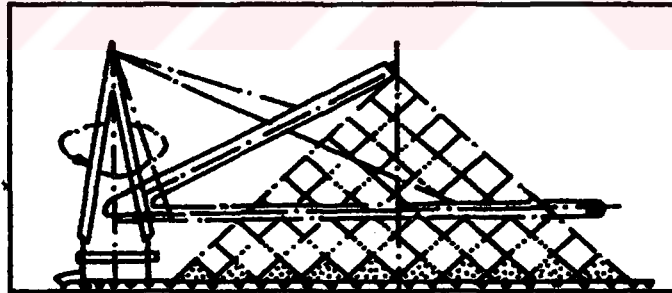
Şekil 1.15. Stoklayıcı Makine (Van Leyen, 1977)

“Köprülü Stoktan Alıcı Makinalar” yığının yüzeyini tarayarak yükleme yaptıklarından farklı kalitelere sahip kömürleri istenilen oranlarda ve yüksek verimle harmanlamak mümkündür. “Tamburlu Stoktan Alıcı Makinalar” prensip olarak döner

kepçe sistemine benzer. Stok yığını enine kateden bir tambur üzerine yerleştirilen kovalarla yığından alınan kömürler, tamburun ortasından geçmekte olan bant konveyöre yüklenir. “Zincirli Stoktan Alıcı Makinalar” ile kömür yığınının bütün yüzeyi taranarak yüksek bir harmanlama verimi sağlanabilir.

1.6.2.1.(3). Kömür Stoklama ve Harmanlama Yöntemleri

“Windrow Yönteminde” stoklayıcı makine yer seviyesinden başlayarak ve dökücü kolun yatış açısını değiştirerek yan yana sıralar halinde ve bunker boyunca küçük yığınlar oluşturur. Özellikle bom tipi-döner kepçeli stoktan alıcı makinaların kullanıldığı stok sahalarında başarı ile uygulanmaktadır. Parça boyut dağılımı harmanlama verimini etkilemez ancak uzun süreli yağışlar sırasında yağmur suları sıraların arasında toplanarak kömürün kalitesini etkileyebilir (Şekil 1.16). “Chevron Yönteminde”, stoklayıcı makine üçgen kesitli bir dökümle bunkerin merkezinden başlayarak ve gidip gelerek döküm yapar. Kömürün bütün bunker boyunca dökülebilmesi için stoklayıcı makine devamlı olarak hareket halindedir. Bu işlem yığın yüksekliği istenilen seviyeye gelinceye kadar devam ettirilir (Şekil 1.17). Yöntem parça boyutu 0-10 mm arasındaki kömürlerin stoklanması için uygundur.



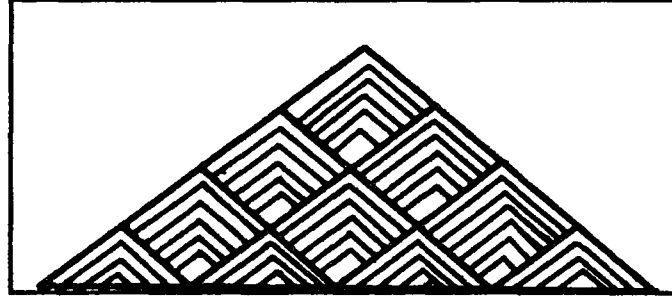
Şekil 1.16. Windrow Stoklama Yöntemi (Van Leyen, 1977)



Şekil 1.17. Chevron Stoklama Yöntemi (Van Leyen, 1977)

“Chevron - Windrow Kombinasyonunda”, chevron yönteminde, iri boyutlu parçaların yığının eteklerinde toplanarak harmanlama verimini düşürmesi nedeni ile

chevron ve windrow yöntemi birlikte uygulanır (Şekil 1.18). yan yana dökülen üçgen kesitli yığınlar aynı zamanda kendi içerisinde de farklı özellikteki kömürlerden oluşmaktadır (Schofield, 1980).



Şekil 1.18. Chevron-Windrow Kombinasyonu (Schofield, 1980)

Kömür harmanlama yöntemleri kullanılarak farklı özelliklere sahip kömürler istenilen oranlarda harmanlanabilir. “Kademeli Harmanlama Yöntemi”, kömürün yığın boyunca oluşturulan kademelerden alınması şeklinde uygulanır. “Blok Harmanlama Yönteminde” de kademeler oluşturulmakla birlikte, kademe uzunlukları stoktan alıcı makinanın bom uzunluğuna ve yığının yüksekliğine bağlı olarak sınırlandırılmıştır. “İleri-Geri Harmanlama Yöntemi” prensip olarak blok harmanlama yöntemine benzer. Ancak kademe uzunlukları, döner kepçenin o kademedan yüklediği dilim sayısı ile sınırlıdır. Örneğin her iki dilimde bir kademe değiştiriliyor ise, stoktan alıcı makine ile yığının birinci kademesinden iki dilim yüklenir sonra makine geriye çekilerek sırasıyla ikinci ve üçüncü dilimlerden sadece iki dilim yükleme yapılarak harmanlama işlemine devam edilir.

1.7. Ufalama

Katı cisimlerin parçalarını birbirlerine bağlı tutan iç kuvvetlerin dışarıdan uygulanan bir kuvvetle yenilmesi sonucu yapılan boyut küçültme işlemlerine “Ufalama” denilmektedir. Dışarıdan uygulanan bu kuvvet darbe, baskı veya kesme şeklinde olabilmektedir. Örneğin, maden yatağındaki patlatma işlemi ufalamanın ilk adımı olarak sayılabilir.

Kırma, cevherin sert yüzeyler üzerinde bir baskı veya çarpma sonucu parçalanması, öğütme ise cevherin bir ortam içerisinde kullanılan çubuk, bilye ve benzeri malzemelerle çarpma ve aşınması sonucu ufalanması esasına dayanmaktadır.

1.7.1. Ufalama Enerjisinin Tanımı

1.7.1.1. Boyut Küçültmenin Ölçüleri

Kırılmaya neden olan herhangi bir enerji ilk ve son partikül boyutunun durumları ile ilgilidir. Tek tane testlerinde, tane şekli küresel ise ilk tane boyutu, tane boyutu tanenin çapı olabileceği gibi, düzensiz şekilli tanelerde elek açıklıkları birbirine yakın seçilmiş iki elek arasındaki dar bir aralık olabilir. Yatak testlerinde ise yukarıdakilerin yanında ayrıca yatağı oluşturan bütün malzemenin bir tane bağılımı kullanılabilir. Her durumda kırılmadan sonraki son durum tam bir boyut dağılımı olacaktır. Besleme ürün malzemelerinin X_{80} boyutundaki oranına küçülme oranı denir. Bu kavram eleştiriye açıktır, zira küçük parçaların ufalanabilmesi için, büyük parçalardan daha fazla enerjiye ihtiyacı vardır. Verilen bir enerji ile boyut dağılımını sadece X_{80} tane boyutu ile değerlendirmek yerine tane boyut dağılımının incelendiği bir ölçüte indirgemek daha doğru sonuç verecektir. Bu olumsuzlukları yenmek için, boyut küçültmede besleme ve ürün arasındaki özgül yüzeydeki değişim sıkça kullanılmaktadır. Ancak bu yaklaşımda da sorunlar vardır. Yüzey alanı ölçen yöntemler farklı sonuçlar üretebilmektedir. Yüzey alanının ölçülebileceği ve malzemelere uygulanabileceği üniform bir yöntem mevcut değildir. Ayrıca belirli bir özgül yüzey değeri, değişik boyut dağılımlarından da elde edilebilir. Günümüzde boyut dağılımının belirlenmesinde en kabul edilebilir yöntem; ilk ve son boyut dağılımının bulunmasıdır.

1.7.1.2. Kırma Enerjisinin Tarifi

Bir partiküle uygulanan enerjinin tümü kırma işlemi için harcanmaz. Bu nedenle aşağıdaki şu iki kavram arasındaki farkın belirlenmesi gerekmektedir.

- Birim kütleye uygulanan ufalama enerjisi E . Bu enerji gerçekten boyut küçültme işleminde kullanılmaktadır,

•Birim kütleye dışarıdan uygulanan enerji, E_A

Aynı boyut, geometri ve özellikteki bir malzemeye benzer koşullarda eşit gerilmeler uygulandığında ufalama enerjisi E 'nin miktarı aynı olmamakta, fakat tek partikül paternleri ile değişmektedir. Böylece ufalama enerjisinin doğru bir ölçütünü elde edebilmek için uygun sayıdaki bu tip parçalar benzer gerilmelere maruz bırakılarak istatistiksel olarak ortalama enerji, E_o , elde edilir (Beavan, 1980). Buna eşdeğer olarak dışarıdan uygulanan enerji yine eşit olmadığından dolayı burada da aynı şekilde birbirine eşdeğer uygun sayıda deneme yapılarak istatistiksel ortalama dış enerji, E_{Ao} , bulunabilir. Uygulanan dış enerjinin tahmini, ufalama enerjisinin tahmininden çok daha kolaydır. Bu amaçla yapılan uygulamalardan birisi tek bir partikülün yavaş bir baskı altında kırılma noktasına kadar sıkıştırılması gelir ve bu esnada gerilme-deformasyon değerleri incelenir. Gerilme-deformasyon eğrisi altında kalan alan absorbe edilen E_o enerjisi ile orantılıdır. Tek bir partikülün kırılması için boyut, geometri ve malzeme aynı olmak üzere E_{Ao} her zaman E_o 'dan büyüktür, ancak çok katmanlı yatak denemelerinde bu fark çok büyür. Çünkü pek çok partikül, çatlak oluşması için gerekli olan seviyenin altında strese maruz kalır ve burada ısı olarak kaybolan bir enerji söz konusudur.

1.7.2. Özel Enerji Testleri

Ufalama esnasında uygulanan enerjinin bazı özel yöntemler ile tayini söz konusudur. Bu konuda uygulanan özel testler genel olarak şu şekilde sıralanabilir:

- Tek partikül basma deneyi
- Tek partikül çarpma deneyi
- Partikül yatağı deneyi

Partikül yatağı üzerine kurulmuş iki test yöntemi diğerlerinden ayrılmalıdır. Bu deneyler toz malzeme miktarı tamamen sınırlandırılmıştır olup bir pistonun yatak üzerine baskı uygulaması ve merdane tarafından ezilme olmak üzere iki farklı şekilde uygulanmaktadır. Bu tip deneylerde uygulanan enerjinin tam olarak ifade edilmesi ve kontrol edilmesi güçtür.

1.7.2.1. Tek Partikül Deneyleri

1.7.2.1.(1). Tek Partikül Yavaş Basma Deneyleri

Boyut modülü ve spesifik enerji arasındaki ilişki: Cam, kuvars, safir ve çakmaktaşı küreleri kullanılarak boyut dağılımı ile kırma enerjisi arasındaki ilişki aşağıdaki gibidir (Bergstrom, 1965).

$$E_A(x) \propto 1 / x^* \quad (1.21)$$

$E_A(x)$: İlk boyutu x olarak verilen birim kütleye uygulanan enerji. Bu gerilme-deformasyon eğrisi altında kalan alanın toplamıdır.

x^* : Ürünün boyut dağılım modülü.

Bu eşitliğe göre küçük partikülleri kırmak için büyük partiküllere uygulanandan daha fazla enerji gerekir. Düzensiz şekilli örnekler üzerinde yapılan darbe deneylerinde de benzer ilişki bulunmuştur.

Birincil kırılan partiküllerin kinetik enerjisi : Cam kürelerin yavaş basma deneylerinde küreler çelik veya jelatin ringler ile çevrelendiğinden daha küçük boyutlu ürünler elde edilmiştir. Bu durum, havada kırılma anında uçuşan partiküllerin çelik ringe teması ile ikincil bir kırma olduğunu göstermiştir. Bu da partiküllerin birincil kırılmadan kaynaklanan önemli bir kinetik enerjiye sahip olduğunu göstermektedir. Aynı durum darbe deneylerinde de oluşacağından, gerçek boyut dağılımı istenildiğinde kinetik enerjiden kaynaklanan ikincil kırılmadan kaçınmak gerekir.

1.7.2.1.(2). Tek Partikül Darbe Deneyleri

Bir tek tane üzerine darbe ile uygulanan enerjinin, tanenin boyut değişimine olan etkisini incelemek üzere yapılan deneylerdir (Okuda ve Choi, 1980). Bu tip deneylerde taneyi ufalamak için kullanılacak olan enerji; kırılacak malzemenin, ilk parça boyutunun, sağlanan enerjinin, spesifik enerjinin, darbe hızının ve darbenin uygulanma açısının fonksiyonudur. Deneye giren malzeme, diğer deney koşulları aynı kalmak şartı ile, değiştirilirse enerjinin kullanımı da değişir. Linyit ve bitümlü kömürler

üzerinde yapılan deneylerde; düşük darbe hızlarında ve sabit spesifik enerjide, artan partikül boyutları ile enerji kullanımının da arttığı görülmüştür. Yüksek sabit hızlarda ise artan ilk partikül boyutları enerji kullanımını azaltmıştır. Maksimum enerji kullanımı, optimum spesifik enerjinin seçimine ve ilk parça boyutuna bağlıdır. Spesifik enerjinin artması ile enerji kullanımının azalması tanelerin birbirlerine sürtünmeleri ile açıklanabilir. Benzer şekilde maksimum enerji kullanımı için optimum bir darbe hızı mevcuttur.

1.7.3. Boyut Küçültme Kanunları

1.7.3.1. Rittinger Kanunu (Yüzey Teorisi) (1867)

Rittinger ufalama olayını yüzey enerjisinin artışı yönünden değerlendirmiş ve “ufalama için verilen enerjinin meydana gelen yüzeye orantılı olduğunu ileri sürmüştür (Lowrison, 1973).

$$E = C_R (S_2 - S_1) \quad (1.22)$$

E = Verilen enerji (kwh/t)

C_R = Rittinger sabiti

S_1 = Ufalanacak malın yüzey alanı (m^2)

S_2 = Ufalanmış malın yüzey alanı (m^2)

1.7.3.2. Kick Kanunu (Hacim Teorisi) (1885)

Geniş bir deneysel çalışma üzerine kurulmuştur. Kick, olayı tane hacmi küçülmesi yönünden ele almakta ve bu küçülmenin orantılı bir enerji harcaması gerektirdiğini ileri sürmektedir. Kanunun ifadesi “geometrik olarak birbirine benzer iki cisimde aynı derecede ufalama elde etmek için gerekli enerji bu cisimlerin hacimleri veya ağırlıkları ile orantılıdır” şeklindedir (Lowrison, 1973). Diğer bir değişle belirli hacimsel değişmeler için eşit miktarda enerji tüketimine ihtiyaç vardır.

$$E = C_K \log(X_1/X_2) \quad (1.23)$$

C_K = Kick sabiti

X_1/X_2 = Ufalama oranı

Rittinger teorisinde ufalama ilerledikçe boyut küçültme için harcanacak enerji miktarı artmaktadır, Kick teorisinde ise enerji miktarı değişmez.

1.7.3.3. Bond Kanunu (1951)

Bu teori Allis-Chalmers firması tarafından yapılan çok sayıda deney sonuçlarına dayanılarak geliştirilmiştir (Bond, 1961). Bond boyut küçültmede kullanılan faydalı işin, meydana gelen çatlak uzunlukları ile orantılı olduğunu ileri sürmüştür. Çatlak uzunluklarının ise kırılma sonunda yeniden meydana getirilen yüzeylerin karekökü ile ters orantılı olduğunu bulmuştur. X_1 kırılacak malzemenin tane boyutu, X_2 kırılmış malzemenin tane boyutu ise ufalama için gerekli enerji miktarı; $(1/X_2) - (1/X_1)$ ile orantılıdır. Pratik amaçlar için X_1 yerine kırılacak malzemenin %80'inin geçtiği elek açıklığı, X_2 yerine ise ufalanmış malzemenin %80'inin geçtiği elek açıklığı alınmaktadır. Boyut küçültmede çatlak oluşumu tane içindeki yapısal zayıflıklara bağlıdır. Bu zayıflığın mevcudiyeti ve yapısı kırılma karakteristiğini tayin etmektedir. Her malzemenin ufalama için ihtiyaç göstereceği enerji miktarı da farklıdır. Bond, "iş indeksi" (work index) adını verdiği bir parametre tanımlamış ve bunu "sınırsız büyüklükteki parçalardan meydana gelmiş bir malzemenin birim ağırlığının (örneğin 1 ton) %80'inin 100 μ m altına geçecek şekilde ufalanması için gerekli olan enerji" olarak tanımlamıştır.

$$E = W_i \left(\frac{10}{\sqrt{X_2}} - \frac{10}{\sqrt{X_1}} \right) \quad (1.24)$$

E = Ünite ağırlığı kırmak için gerekli olan enerji (kwh/ston)

W_i = İş indeksi (kwh/ston)

X_1 = Kırılacak malzemenin %80'inin geçtiği elek açıklığı (μ m)

X_2 = Kırılmış malzemenin %80'inin geçtiği elek açıklığı (μ m)

1.7.3.4. Holmes Kanunu (1957)

Holmes'e göre ufalama esnasında bir malzemenin davranışı, beslenen malın ebad ve şekline ve kırma kuvvetinin uygulama şekline bağlı olarak değişmektedir. Ufalama işlemi için verilen enerji üç farklı şekilde harcanmaktadır;

- Elastik deformasyonu etkilemek için,
- Plastik deformasyonu etkilemek için
- Yeni yüzey alanı meydana getirmek için.

Holmes, kırma için gerekli enerjiyi “sadece elastik deformasyonu etkilemek için kullanılan enerjidir” şeklinde ifade etmekte ve diğerlerinin etkisi çok küçük olduğu için ihmal edilebileceğini belirtmektedir.

$$E = W_i [1 - (1+R)^r] (100 / X_2)^r \quad (1.25)$$

$$R = \text{Ufalanma oranı } (X_1 / X_2)$$

$r = 0$ ile 1 arasında değişir.

E , X_1 ve X_2 değişkenleri Bond eşitliğindeki parametrelerdir.

1.7.3.5. Boyut Küçültme Kanunlarının Kritiği

Genel olarak Rittinger teorisi şu yönüyle eleştirilmektedir. Uygulamada harcanan enerji yeni yüzeylerin meydana gelmesi için gerekli olan enerji miktarından yaklaşık olarak 100 defa fazladır. O halde gerekli olan enerji miktarı sadece yeni yüzeylerle ilgili olmaz. Dolayısı ile ufalama işlemi için gerekli olan enerjinin sadece %1'i yeni yüzeylerin oluşması için harcanırken, %99'u ısı enerjisi olarak açığa çıkmaktadır.

Kick kanununda belirtilenin aksine ufalamanın, malzeme inceldikçe daha zorlaştığı bilinmektedir. Halbuki Kick her ufalama adımı için gerekli olan enerji miktarını sabit olarak almaktadır. Örneğin bir kayacın 2.5 cm'den 1.25 cm'ye ufalanması için gereken enerji miktarı ile, aynı kayacın 1.25 cm'den 0.63 cm'ye ufalanmasında gereken enerji miktarının aynı olduğunu varsaymaktadır.

Bond kanunu özellikle standart elek boyutlarında enerji sarfiyatı ve güç ihtiyacı için faydalı olmaktadır.

Rittinger, Kick ve Bond kanunları arasındaki ilişki, uygulamalardan elde edilen değerlerle karşılaştırılmış ve sonuçları Çizelge 1.3'de verilmiştir. Bu sonuçlara göre Rittinger'in ince öğütme, Bond'un primer kırma ve Kick'in ise iri öğütmede uygulamada elde edilen sonuçlara daha yakın değerler verdiği görülmüştür.

Sonuç olarak bir kayacın ufalanmasında enerji iletimi şu şekilde olmaktadır: Ufalama makinasının motorundan gelen elektrik enerjisi, makinanın hareket eden parçalarında mekanik enerjiye dönüşmekte ve bu da kayaç için bir zorlamayı ortaya çıkarmaktadır. Bu zorlama (baskı, kesme, darbe veya vurma) kayacın elastik sınırına kadar devam etmekte ve bu sınırdan sonra kayaç ufalanmakta ve giren enerjinin %99'u ısı olarak açığa çıkmaktadır.

Çizelge 1.3. Fiili E Değerlerinin, Farklı Kanunlar ile Elde Edilen Sonuçlarının Karşılaştırılması (Société de l'industrie minérale, 1996)

Enerji (kwh/t)	Primer kırma (1m - 10 cm)	Sekonder kırma (10 cm - 1 cm)	Öğütme (1cm - 1mm)	İnce Öğütme (1mm-100µm)
Rittinger	0.009	0.09	0.9	9.0
Kick	2.5	2.5	2.5	2.5
Bond	0.22	0.69	2.18	6.9
Fiili E değeri	0.35	0.60	1.6	10.0

1.8. Kömürlerin Dayanımlarını Belirlemek Üzere Yapılan Deneyler

Sertlik sadece homojen katılarda ölçülebilen, dayanım heterojen katılarda da ölçülebilmektedir. Dayanımın doğru olarak belirlenebilmesindeki en önemli koşul, gerecin heterojenitesini yansıtabilecek nitelik ve büyüklükte örneklemedir. Kömürün dayanımını belirlemek üzere yapılan deneylerde bu koşulun yerine getirilmesi oldukça güçtür. Dolayısıyla, yapılan bütün çalışmalara rağmen belirli bir ölçüm yönteminin benimsenememesi doğaldır.

1.8.1. Kömürlerin Basınç Dayanımı

Kömürlerin basınç dayanım ölçümleri örnek boyutları ile ilgilidir. Örnek boyutu büyüdükçe basınç dayanımı düşer. Örnekler küp veya silindir biçiminde hazırlanırlar. Örneklerin karşılıklı yüzleri birbirlerine koşut olmalıdır. Ancak, örnek boyutu büyüdükçe bunu sağlamak güçleşir. Çatlak ve eklem yönleri sonucu etkilemektedir. Bu deneyi kenar uzunlukları 2.5-3 cm olan küpler üzerinde yapmak daha tutarlı sonuç vermektedir. Basınç dayanımı, petrografik yapı bileşenleri, mineral

içerikleri, çatlak sıklıkları ve yönleri elden geldiğince aynı en az 10 örnek üzerinde ölçülmeli ve ortalaması alınmalıdır (Özpeker, 1986).

1.8.2. Kömürün Gevrekliği

Kömürün gevrekliği, deneyden sonraki ortalama boyutun, deneyden önceki ortalama boyuta oranı olarak ifade edilmektedir

$$G = 100 - \text{boyut duraylılığı} \quad (1.25)$$

$$\text{Boyut duraylılığı} = 100 (B_s / B_0) \quad (1.26)$$

B_s = Deneyden sonraki ortalama boyut

B_0 = Deneyden önceki ortalama boyut

Deneyde, herhangi bir aralıkta boyutlandırılmış (5 - 7.5 cm) yaklaşık 20 kg örnek, 183 cm yükseklikten 2 kez düşürülür. 50, 37.5, 25, 18 ve 12.5 mm elek serisinde elenerek elek analizi yapılır. Deneyden sonraki ortalama boyutun, deneyden önceki ortalama boyuta oranı bulunur. Buna boyut duraylılığı adı verilmektedir. Kömürlerde gevreklik kömürleşme derecesi ile doğru orantılı olarak artmaktadır.

1.8.3. Darbe Dayanımı

Deney ilk olarak Rus araştırmacı Prodetyakonov tarafından geliştirilmiş, daha sonra Evans tarafından İngiltere'deki kömür damarlarının sınıflandırılmasında kullanılmıştır (Evans ve Pomeroy, 1966). Deneyde 1.8 kg ağırlığında ve 4.45 cm çapındaki bir çelik silindir, 30.5 cm yükseklikten aynı çaptaki içi çelik başka bir silindir üzerine düşürülmektedir. Deney esnasında gayri muntazam kayaç numuneleri çekiçle parçalara ayrılmakta ve 9.5 - 3.2 mm ebadındaki iki elekten elenmekte, elek arasında kalan numune tartılmakta, bunun 100 gramı deney silindirinin içerisine konulmakta ve yukarıdaki ağırlık, numune üzerine 20 defa düşürülmektedir. Silindirden boşaltılan numune tekrar elenmekte ve 3.2 mm elek üstü darbe dayanım değeri olarak tanımlanmaktadır.

1.8.4. Öğütülebilirlik

Kömürlerin öğütülebilirliklerini belirlemek için Bilyalı değirmen, Hardgrove ve Brabender deneyleri kullanılmaktadır. Kırma işlemi sırasında çatlakların bir bölümü ortadan kalktığı için, kömürü öğütmek için gerekli enerji gerçek değerinden daha büyük kestirilebilir. Bilyalı değirmen öğütülebilirlik deneyi pek kullanılmamaktadır. Diğer iki yöntemde de gerekli öğütme enerjisinin saptanmasında öğütülmeye karşı direnç ve öğütülme süresi parametre olarak alınır.

Hardgrove öğütülebilirlik deneyinde 1.2 - 1.6 mm, Brabender deneyinde 3 - 1 mm arası boyuttaki kömür taneleri kullanılmaktadır. Hardgrove deneyinde özel olarak imal edilmiş halkalı - bilyalı bir değirmen kullanılır. 50 gram numune döndürülerek 200 meş ölçülür ve bir düzeltme faktörü kullanılarak öğütülebilirlik hesaplanır. Öğütülebilirlik ile kömürleşme derecesi arasında bir ilişki olmasına rağmen sadece kimyasal analize dayanılarak öğütülebilirlik saptanamaz (Özpeker, 1986).

Hardgrove öğütülebilirlik deneyi üzerinde yapılan araştırmalar, bu deneyin bazı konularda yetersiz kaldığını göstermektedir. Hardgrove deneyinde sonucu etkileyen en önemli parametreler şunlardır;

- Petrografik yapı birimleri
- Nem ve sıcaklık

Bunların dışında örneklerin hazırlanma şekli de sonucu etkilemektedir.

1.8.5. Penetrömetre Deneyi

Çelik bir çubuğun kömür katmanına basınç altında batırılması esasına dayanır. Çubuğu itme kuvveti ile çubuğun kömüre batma derinliği kömürün arındaki dayanımının bir ölçüsü olarak kabul edilmektedir. Aygıt yüksek basınç sağlayan hidrolik el pompası, iki hidrolik gerdirici silindir, destek kirişi ve bazı yardımcı parçalardan oluşan bir düzendir. Destek kirişi galerinin tavan ve tabanına iyice gerdirilir. İtme silindiri, delici uç kömür katmanına dik ve çatlaksız bölümüne yönelecek biçimde konumlandırılır. Hidrolik el pompası çalıştırılarak delici uç kömür katmanına batırılır ve 6 mm ve katları girme derinliklerine karşı gelen hidrolik basınç değerleri okunur. Deney sonuçlarının doğruluğu destek kirişinin hiç oynamayacak

kadar iyi gerdirilmesine, delici ucun esnememesine ve mikroçatlak sıklığının düşük olmasına bağlıdır (Özpeker, 1986).

1.8.6. Schmidt Çekici

Kömürün tavan ve taban kayaçlarının yerinde dayanımını ölçmede kullanılmaktadır. Cihazdaki çelik uç yay vasıtası ile kurulur ve bir tetik aracılığıyla kömür yüzeyine bir darbe yapar. Kömürün esneklik özelliğine göre, uç, darbeden sonra geriye teper. Geri tepme uzaklığı kömür dayanımının ölçüsü olarak kabul edilir. Deney yapılırken kömür yüzeyinin taze, düzeltilmiş ve çatlaksız olması gerekmektedir (Poole ve Farmer, 1980).

1.8.7. Kömürlerin Dayanımı ile Kazan Kirliliği Arasındaki İlişki

Kömürün dayanımı ile öğütme sisteminin kapasitesi arasında çok sıkı bir ilişki bulunmaktadır. Özellikle pulvarize kömür yakılan kazanlarda linyit havada asılı olarak yakıldığı için, kazan içerisindeki yanma olayının istenildiği gibi gerçekleşebilmesi öğütme işlemi uygulanan kömürlerin tane boyut dağılımına ve yoğunluğuna bağlıdır. Değirmenden çıkarak yakma sistemine sevk edilen kömürlerin tane boyut dağılımı istenilen değerlerin dışında kalırsa yanma olayı kazanın belli bir bölgesinde yoğunlaşarak, o bölgede, ısının gereğinden fazla artmasına ve küllerin eriyerek kazan kirliliği yapmasına neden olmaktadır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1 Sondaj Çalışmaları

Bölgedeki sondaj çalışmaları 1967 yılında MTA Enstitüsü ve bir Alman firması olan Otto-Gold tarafından başlatılmış ve 1968 ile 1969 yılları arasında 480 adet ve 5 inch çapında karotlu sondaj gerçekleştirilmiştir. Sondajlar arasındaki ortalama mesafe 200 m'dir. Yıllara göre gerçekleştirilen sondaj metrajı ve karot verimi Çizelge 2.4'de verilmiştir.

Çizelge 2.1. Kışlaköy Sektöründe Gerçekleştirilen Sondajlar (Otto - Gold, 1969)

	1968	1969	Toplam
Sondaj metrajı (m)	17396.1	31113.8	48509.9
Karot verimi (%)	92	96	94.6

Bu sondajlardan sağlanan 3282 adet karot numunesi Alman DIN Standartlarına göre Elbistan, MTA Genel Merkezi ve Almanya'daki laboratuvarlarda analiz edilmiştir.

2.2 Rezerv Modelleme Çalışmaları

Kışlaköy sektöründeki ilk rezerv tahmini Otto-Gold (1969) tarafından poligon yöntemi uygulanarak yapılmıştır. Bu çalışmada aşağıdaki parametreler kullanılarak ortalama ısı değeri 1158 kcal/kg olan 501 milyon ton kömür rezervi hesaplanmıştır:

- Isıl değeri 850 kcal/kg'ın altındaki damarlar rezerve dahil edilmemiştir.
- Her linyit damarının tavanı ve tabanından 15 cm'lik kısım kayıp olarak kabul edilmiştir.
- Linyit tabakaları içinde yer alan ve kalınlığı 0.5 m ve daha fazla olan ara kesmeler selektif olarak kazılacaktır.

Rheinbraun Consulting (1976) poligon yöntemini uygulayarak Kışlaköy Sektöründeki üretilebilir rezervi 577.9 milyon ton ve ortalama ısı değeri 1091 kcal/kg olarak hesaplamıştır. Bu hesaplamada aşağıdaki kabuller yapılmıştır:

- Isıl değeri 750 kcal/kg'ın altındaki damarlar rezerve dahil edilmemiştir.

•Her linyit damarının tavanı ve tabanından 15 cm'lik kısım kayıp olarak kabul edilmiştir.

•Linyit tabakaları içinde yer alan ve kalınlığı 0.5 m ve daha fazla olan ara kesmeler selektif olarak kazılacaktır.

•Kuru kül oranı %50 ve daha fazla kömürler rezerve dahil edilmemiştir.

Ünal ve Turhan (1992) rezerv modelleme yöntemlerinden ordinary kriging ve poligon yöntemlerini Havzanın Çöllolar sektöründe kömür damarı kalınlığını kullanarak karşılaştırmışlar ve ordinary kriging yönteminin daha iyi sonuçlar verdiğini göstermişlerdir (Çizelge 2.2).

Çizelge 2.2. Çöllolar Sektöründe Damar Kalınlığı İçin Hesaplanan Hata İstatistikleri (Ünal ve Turhan, 1992)

	Poligon	Ordinary Kriging
Sondaj sayısı (adet)	130	130
Ortalama hata (m)	3.414	1.026
Ortalama mutlak hata (m)	13.902	10.700

2.3. Kömürün Mekanik Dayanımı

Deutsch Babcock (1975) değirmenlerin tasarımı için, Kışlaköy Sektöründen alınan örnekler üzerinde öğütülebilirlik deneyleri yapmışlardır (Çizelge 2.3)

Doğan ve arkadaşları (1984) Elbistan linyitlerinin öğütülebilirliklerinin nem oranına bağlı olarak değişimini incelemişlerdir. Öğütülebilirlik deneyleri Hardgrove test cihazında yapılmış; orijinal nem oranından başlanarak değişik nem oranlarındaki numunelerin Hardgrove indeksleri bulunmuştur. Numunelerin nem oranları %56'dan %40'a düşürüldüğünde Hardgrove İndeksinin de 106'dan 50'ye kadar düştüğü görülmüştür. Nem oranı %30 civarında iken HI 90'a kadar yükselmiş ve daha sonra azalan nem oranlarına bağlı olarak HI'de 60'a kadar düşmüştür. Bu çalışmanın sonuçları nem oranının Elbistan kömürlerinin öğütülebilirliğini etkileyen önemli bir parametre olduğunu göstermektedir.

Çizelge 2.3. Öğütülebilirlik Deney Sonuçları (Deutsch Babcock, 1975)

Örnek adı	Orijinal kömür	A1	A2	A3
KISA ANALİZ (%)	Nem	59.0	56.2	46.0
	Kül	10.1	13.4	24.7
	Uçucu Madde	19.9	21.7	26.5
	Sabit Karbon	11.1	9.0	3.5
ISIL	DEĞER (kcal / kg)	1445	1145	630
KÜL ANALİZİ (%)	SiO ₂	14	7	6.9
	Al ₂ O ₃	8.1	2.8	1.8
	Fe ₂ O ₃	6.7	3.2	5.2
	CaO	42	67.1	74.7
	MgO	4	3.1	0.1
	SO ₃	24.2	15	8.1
	P ₂ O ₅	0.4	0.3	0.3
	Na ₂ O	0.2	0.2	0.1
	K ₂ O	0.2	0.1	0.1
Hardgrove	İndeksi	66	88	139

Bilgin ve Shahriah (1986) koni delici ve darbe dayanım deneylerinin kömür damarlarının sınıflandırılmasında ve dayanımlarının tayininde en uygun deneyler olarak göstermekte ve kayaçlar kendi aralarında gruplandığı takdirde darbe dayanımı ile basınç dayanımı arasında anlamlı bir ilişki kurulabileceğini bildirmektedirler.

Onur (1997) kayaçların elastik davranışlarının kısa yollarla hesaplanması amacıyla yönelik olarak farklı laboratuvar deneylerini kullanarak ve darbe dayanım deneyi ile karşılaştırmış ve sonuçlarının umut verici olduğunu bildirmiştir.

2.4 Kömür Kalite Kontrolü

Türkiye Elektrik Kurumu (TEK) ile Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu arasında yapılan ilk kömür satış protokol'una göre Afşin - Elbistan Termik Santralına yakıt olarak verilecek linyitlerde, aranılacak özellikler Çizelge 2.4'de verilmiştir.

Çizelge 2.4. İlk Kömür Satış Protokol'una göre Afşin - Elbistan Termik Santralına Verilecek Kömürlerde 30 Günlük Devrelerdeki Kalite Değerleri (ETKB, 1982)

Orijinal Kömürde Alt Isıl Değer (kcal / kg)	
minimum (kcal / kg)	950
ortalama (kcal / kg)	1000
Maksimum Kuru Kül (%)	200 g/1000 kcal
Maksimum Orijinal Nem (%)	58,4

Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) 1985 yılında yayınladığı "Coal Quality and Ash Characteristics" adlı raporda kömürlerin temel özelliklerinin termik santralların performansı üzerindeki etkilerini açıklamıştır. Çizelge 2.5'de kısa ve elementer analiz sonuçları ile santral işletmeciliği arasındaki ilişkiler, Çizelge 2.6 ve Çizelge 2.7'de ise kömürün diğer özellikleri ve kül analiz sonuçları ile yine termik santralların performansı üzerindeki etkilerini açıklamıştır.

Çizelge 2.5. Kömürlerin Kısa ve Elementer Analiz Sonuçları ile Santral İşletmeciliği Arasındaki İlişkiler (IEA, 1985)

	Termik Verim	Çalışma Süresi	İşletme Maliyeti	Tamir-Bakım Giderleri
Nem oranı	X	X	X	X
Kül oranı	X	X	X	X
Uçucu madde	X		X	
Kükürt	X	X	X	X
Öğütülebilirlik		X	X	X
Karbon	X			
Hidrojen	X			
Klor	X	X		X
Oksijen	X			

Çizelge 2.6. Kömürün Diğer Özellikleri İle Santral İşletmeciliği Arasındaki İlişkiler (IEA, 1985)

	Termik Verim	Çalışma Süresi	Üretim Maliyeti	Tamir-Bakım Giderleri
Kömürleşme derecesi	X	X	X	X
Maseraller	X	X		
Kül viskozitesi	X	X		X
Yoğunluk	X	X	X	

Çizelge 2.7. Kömürün Kül Analiz Sonuçları İle Santral İşletmeciliği Arasındaki İlişkiler (IEA, 1985)

	Termik Verim	Çalışma Süresi	İşletme Maliyeti	Tamir-Bakım Giderleri
Al₂O₃	X	X		X
SiO₂	X	X		X
TiO₂	X		X	X
Fe₂O₃	X	X		
CaO	X	X		
K₂O	X	X	X	X
Na₂O	X	X	X	X
SO₃		X	X	

İlk protokol'da belirtilen kriterlerin yetersiz kalması ve Termik Santral ile Kömür İşletmesi arasındaki anlaşmazlıkların artması üzerine ikinci bir satış protokol'u

hazırlanarak santrale verilecek kömürlerin özellikleri yeniden belirlenmiştir (Çizelge 2.8).

Çizelge 2.7. İkinci Kömür Satış Protokol'una Göre Afşin - Elbistan Termik Santralına Verilecek Kömürlerin Temel Özellikleri (ETKB, 1992).

	Orijinal Kömürde
Baz Isıl Değer (kcal / kg)	1050 ± 100
En Düşük (kcal / kg)	750
En Yüksek (kcal / kg)	1350
Ortalama Kül Oranı (%)	8 - 23
Ortalama Nem Oranı (%)	50 - 64
Küldeki CaO Oranı (%)	20 - 40

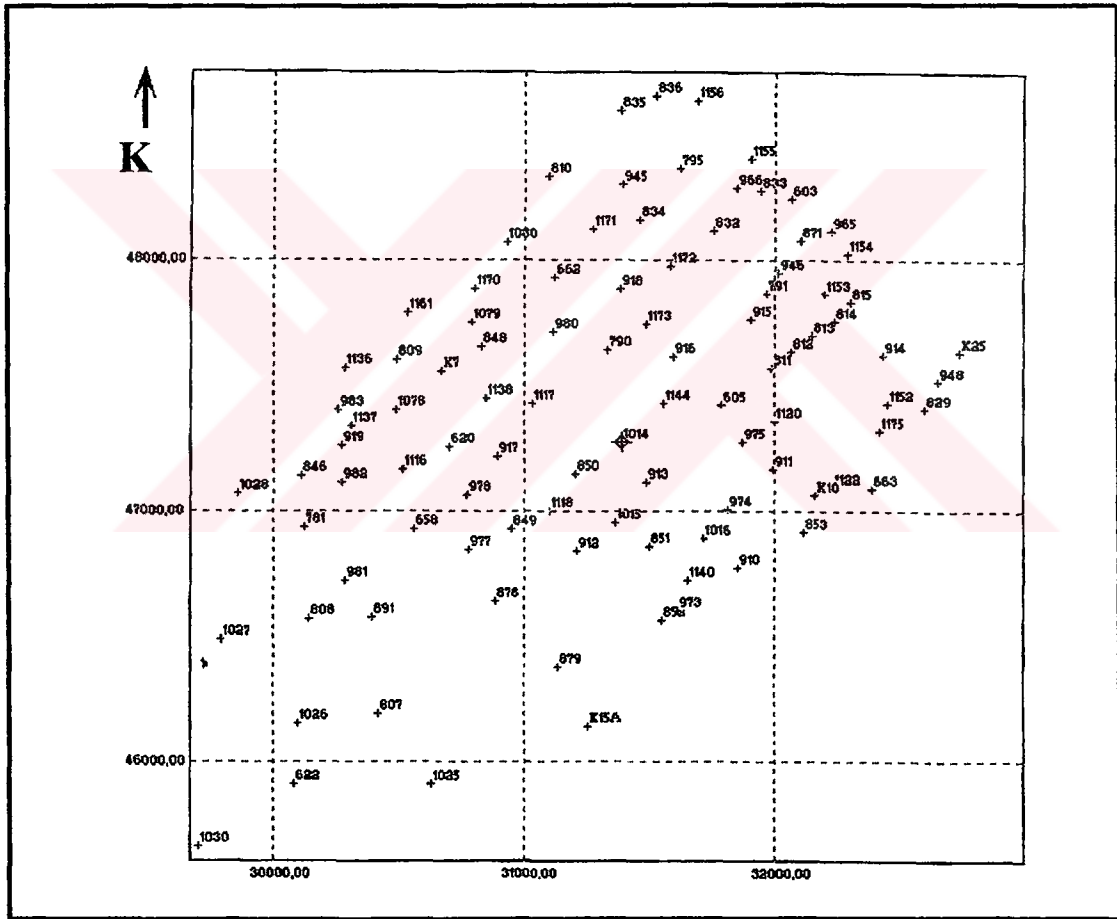
Ural ve arkadaşları (1995) yüksek kül oranlarının Afşin - Elbistan termik Santralının performansını önemli ölçüde etkilediğini belirtmişler ve kömürün ısı değeri ile kül oranı arasındaki ilişkinin kazan işletmeciliği açısından kontrol edilmesi gereken en önemli parametrelerden birisi olduğunu göstermişlerdir.

Ural ve Onur (1998) mevcut kömür satış protokol'undaki parametrelerin yetersiz olduğunu belirtmişler ve Afşin - Elbistan termik Santralının performansının arttırılabilmesi için üretilebilir ve satılabilir kömür özelliklerini belirleyen parametrelerin gözden geçirilmesi gerektiğini ve kömürlerin dayanım özelliklerinin de santralin verimliliği üzerinde etkili olduğunu belirtmişlerdir.

3.1.1. Sondaj Verileri

3.1.1.1. Sondaj Verileri

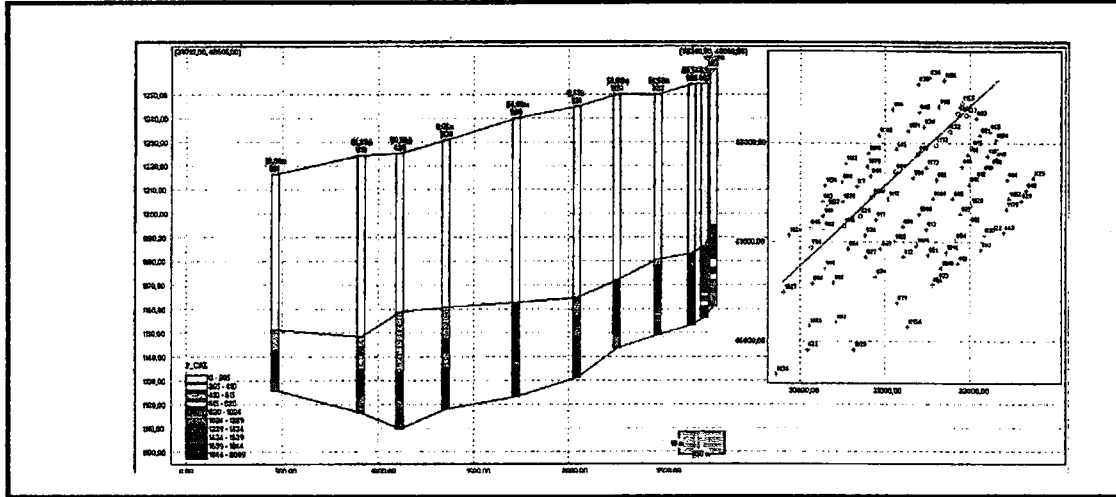
İnceleme alanı olarak seçilen Kışlaköy açık işletmesinin Kuzey - Batı kısmındaki yaklaşık 4 kilometrekarelik alanda, 1968 ve 1969 yıllarında yapılan , 5 inch çapında, 88 adet karotlu sondaj bulunmaktadır (Şekil 3. 1).



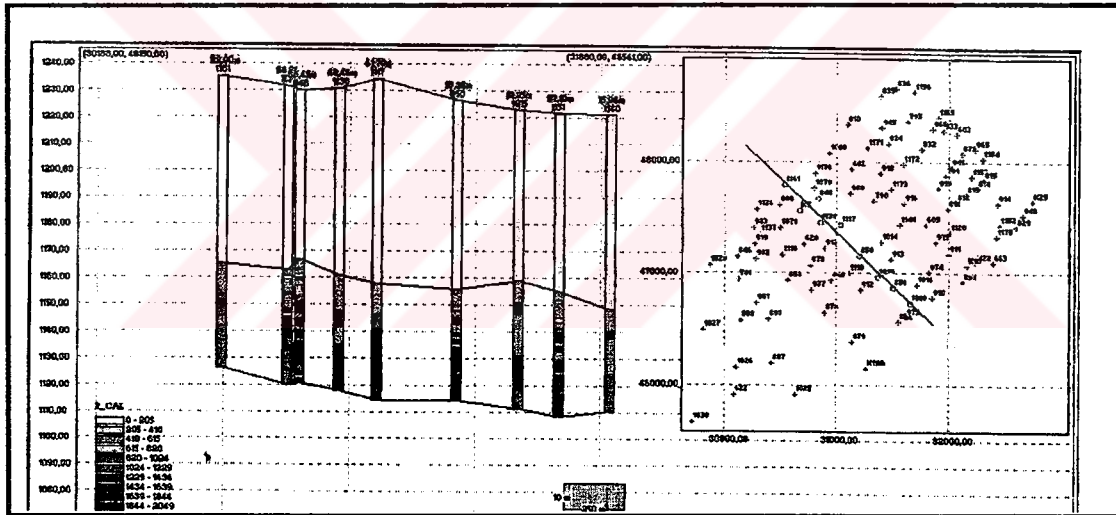
Şekil 3.1. Kışlaköy Sahası Güney-Batı Kesimi Sondaj Yer Bulduru Haritası

Sondajlardan elde edilen veriler Kumar ve Ural (1998) tarafından hazırlanan “Visuelle Base des Données” adlı yazılıma yüklenerek kömür damarının değişik kısımlarından kesitler alınmıştır. KD-GB doğrultusunda alınan kesitte (Şekil 3.2), kömür tabakaları, ortalama 1 derecelik bir açı ile KD'den GB yönüne doğru

devamlılık göstermektedir. KB-GD doğrultusundan alınan kesit ise (Şekil 3.3) kömür tabakalarının ortalama 1.5 derece eğimle KD yönünde yükseldiği görülmüştür.



Şekil 3.2.KD-GB Kesiti

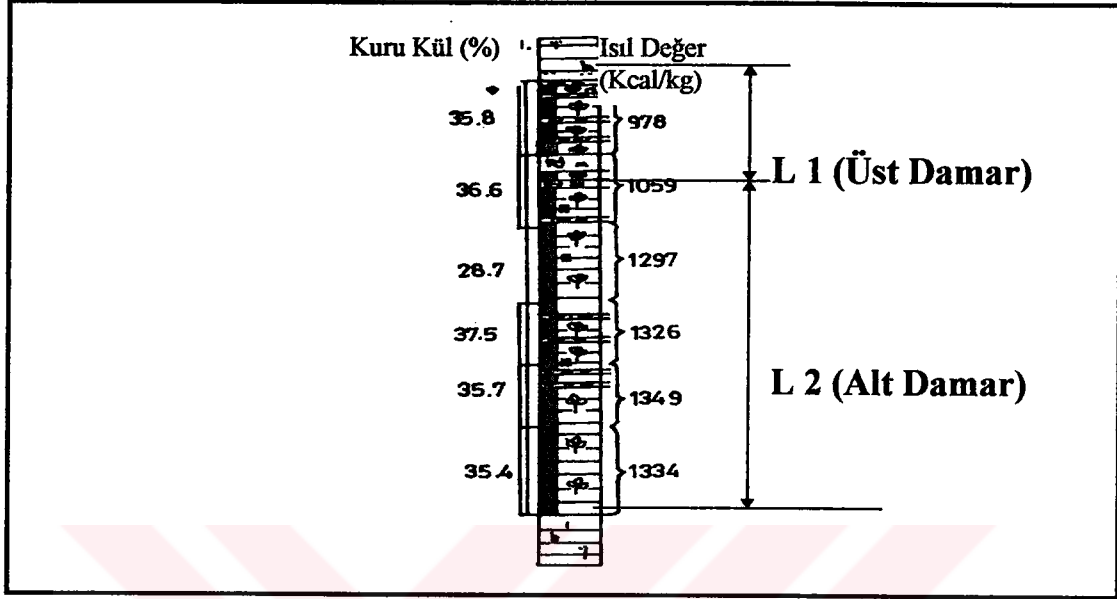


Şekil 3.3.KB-GD Kesiti

Karot numunelerindeki örnekleme aralığı katmanın kalınlığına bağlı olarak 30 cm ile 6 m arasında değişmektedir. Afşin-Elbistan İşletme Müdürlüğü'nden sağlanan sondaj kayıtlarında örneklerin orijinal bazda ısı değerleri ile kuru bazda kül oranları verilmektedir (Şekil 3.4).

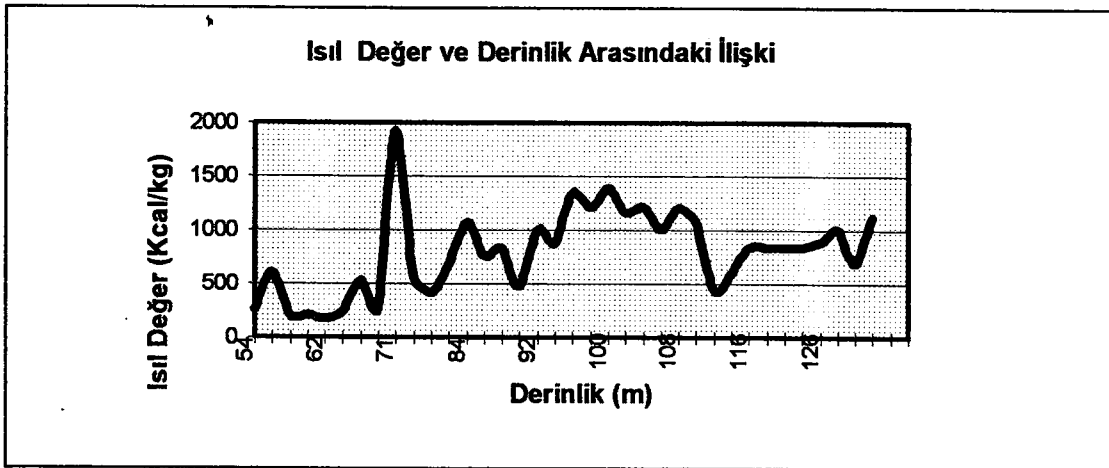
Kömür damarı bol miktarda ara kesme içermekte ve tabakalar birbirlerine yakın kuyularda bile süreklilik göstermemektedir. Kömür damarının üst kısımlarında

ara kesmeler yoğunlaşmakta ve kömür kalitesi düşmektedir. Orta ve alt kısımlarda ise ara kesme sayısı nispeten azalırken kömür tabakalarının kalitesi de artmaktadır.

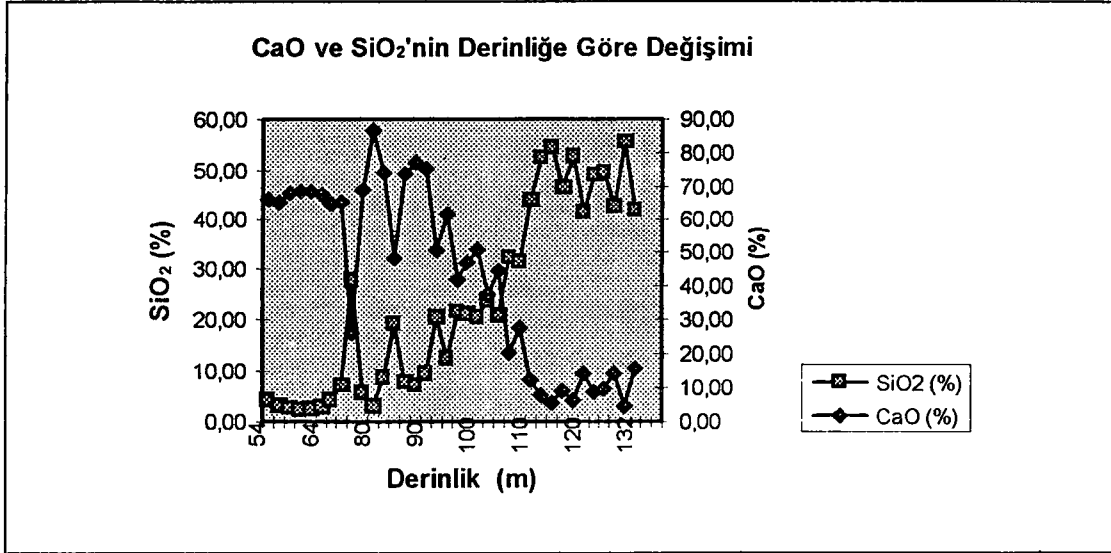


Şekil 3.4. 790 Numaralı Sondaj Kayıt Bilgileri

Bu nedenle maden yatağı modellenirken kömür damarı “üst damar” ve “alt damar” olmak üzere iki kısma ayrılmış ve ayrı incelenmişlerdir. Kömür yatağındaki farklı kömür damarlarının kalitesini, tavandan tabana kadar çok iyi temsil eden 806 numaralı kuyunun analizleri (Gold, 1969) Ek 3.1’de verilmiştir. Derinlik arttıkça kömür damarlarının ısı değeri de artmaktadır (Şekil 3.5). Küldeki CaO oranı yatağın üst kısımlarında ve SiO₂ oranı ise alt kısımlarda daha yüksektir (Şekil 3.6).



Şekil 3.5. Kömürün Isıl Değeri ve Derinlik Arasındaki İlişki



Şekil 3.6. Küldeki CaO ve SiO₂ Oranlarının Derinliğe Göre Değişimi

Kışlaköy sahasında yapılan sondajlardan alınan 93 adet kömür numunesi üzerinde yapılan kül analizlerinin istatistikleri ise Çizelge 3.1'dedir.

Çizelge 3.1.Kışlaköy Sahasındaki Kömürlerin Kül Analiz Sonuçları (Otto-Gold, 1969)

	Ortalama (%)	Maksimum (%)	Minimum (%)	Standart Sapma (%)
SiO ₂	31.55	72	6.1	14.08
Al ₂ O ₃	10.78	21	1.1	4.45
TiO ₂	0.74	1	0.2	0.17
Fe ₂ O ₃	5.82	23.85	0.55	3.32
CaO	30.84	78.2	5.67	14.67
MgO	2.73	3.9	0.1	0.60
SO ₃	14.85	23.4	3.77	3.92
P ₂ O ₅	0.53	1.15	0.1	0.22
Na ₂ O	0.33	1.06	0.1	0.20
K ₂ O	0.48	1.13	0.1	0.26
MnO	0.127	0.38	0.1	0.04

Sondaj verileri değerlendirilirken Rhein Braun (1976) tarafından belirlenen ve Bölüm 2.2'de anlatılan kriterlere uyulmuştur.

Farklı büyüklükteki kömür örneklerinin ortalama kömür kalitesi, bunların kalitelerinin ortalamasına eşit değildir. Dolayısıyla ısı değeri, kül ve düzeltilmiş darbe dayanım indeksi gibi kömür kalite değişkenleri rezerv hesaplamalarında doğrudan

kullanılmamıştır. Bunun yerine “kalınlık X ısı değeri” yada “kalınlık X kül” gibi kalınlık üzerinden tanımlanan yığılma değerleri kullanılmıştır (Çizelge 3.2).

Çizelge 3.2. Sondaj Verileri Değerlendirilirken Kullanılan Değişkenler

Değişken	Birim	Açıklama
x , y	metre	Sondajın koordinat değeri.
z topo	metre	Sondajın deniz seviyesinden yüksekliği.
k_linyit	metre	Isıl değerleri 750 kcal/kg ve daha fazla olan linyit damarlarının toplam kalınlığı.
a_misi	m*%	Düzeltilmiş darbe dayanım indeksinin yığılma değeri (kalınlık X düzeltilmiş darbe dayanım değeri).
a_kalori	m*kcal/kg	Isıl değer yığılması (kalınlık X ısı değeri)
a_kül	m*%	Kuru kül oranının yığılması (kalınlık X kuru kül oranı)
a_kalkül	m*(kcal/kg)/%	Isıl değer kuru küle bölünmesi ile elde edilen değer yığılması.

3.1.1.1.Üst Damar

Araştırma sahasının sadece Güney Doğusu’nda yer alan bu seride 69 adet karotlu sondaj gerçekleştirilmiştir. Bu sondajlara ait veriler Ek 3.2’de verilmiştir. Üst damarın kalınlık ve kömür kalite değişkenlerine ilişkin istatistikler Çizelge 3.3’de ve 3.4’de dağılımları ise Şekil 3.7’de verilmiştir.

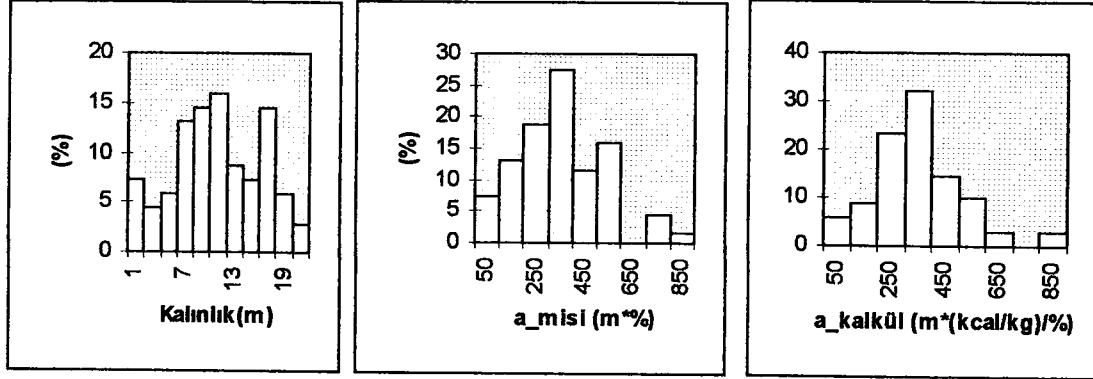
Çizelge 3.3. Üst Damar Değişkenlerine İlişkin İstatistikler

	x	y	z	k_linyit	a_Misi	a_Kalkul
N	69	69	69	69	69	69
MIN	29860,6	46140	1206,06	1,7	44	50,49
MAX	32595	48337,6	1255,55	22	817	843,85
ORT.	31241,46	47304,08	1229,10	11,27	349,57	350,87
VARYANS	442491,1	218890,8	117,20	26,58	31334,6	27188,1
STD	665,20	467,85	10,82	5,16	177,01	164,88
SAPMA						

Çizelge 3.4. Üst Damar Değişkenleri Arasındaki Korelasyonlar

	K_linyit	A_kalkul	A_misi
K_linyit	1	0,907	0,902
A_kalkul		1	0,77
A_misi			1

Üst damar değişkenlerine Kolmogorov-Smirnov testi yapılarak değişkenlerin normal dağılıma uygunluk seviyeleri belirlenmiş ve sonuçları Çizelge 3.5’de verilmiştir.



Şekil 3.7. Üst Damar Değişkenlerinin Dağılımları

Çizelge 3.5. Kolmogorov-Smirnov Test Sonuçları

Değişken	Ort. Anlamlılık Seviyesi (%)
Kalınlık	64.7
a_misi	86.5
a_kalkül	36.5

3.1.1.2. Alt Damar

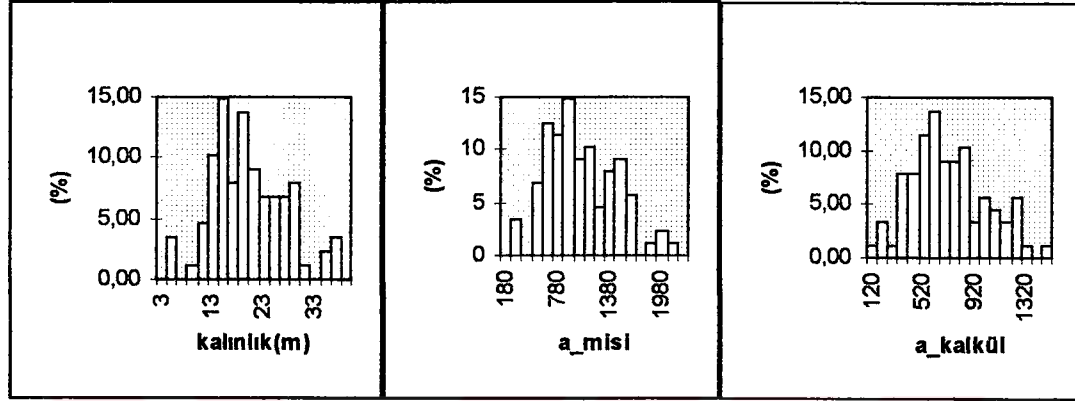
Araştırma sahasının tamamında görülen bu seride 88 adet karotlu sondaj gerçekleştirilmiştir. Bu sondajlara ait veriler Ek 3.3’de verilmiştir. Alt damarın kalınlık ve kömür kalite değişkenlerine ilişkin istatistikler Çizelge 3.6 ve 3.7’de dağılımları ise Şekil 3.8’de verilmiştir.

Çizelge 3.6. Alt Damar Değişkenlerine İlişkin İstatistikler

	x	y	z	k_linyit	a_misi	a_kalkül
N	88	88	88	88	88	88
MIN	29860,6	46140	1206,06	4.5	252	133.8
MAKS.	32732.5	48658.8	1255,55	38	2072	1446.33
ORT.	31407.2	47472.3	1229,10	20.35	1056.55	720.63
VARYANS	481505	303277	117,20	56.33	169776.	90289.5
STD.SAPMA	694	550.7	10,82	7.51	412.04	300.48

Çizelge 3.7. Alt Damar Değişkenleri Arasındaki Korelasyonlar

	k linyit	a kalkul	a misi
k linyit	1	0,927	0,979
a kalkul		1	0,932
a misi			1



Şekil 3.8. Alt Damar Değişkenlerinin Dağılımları

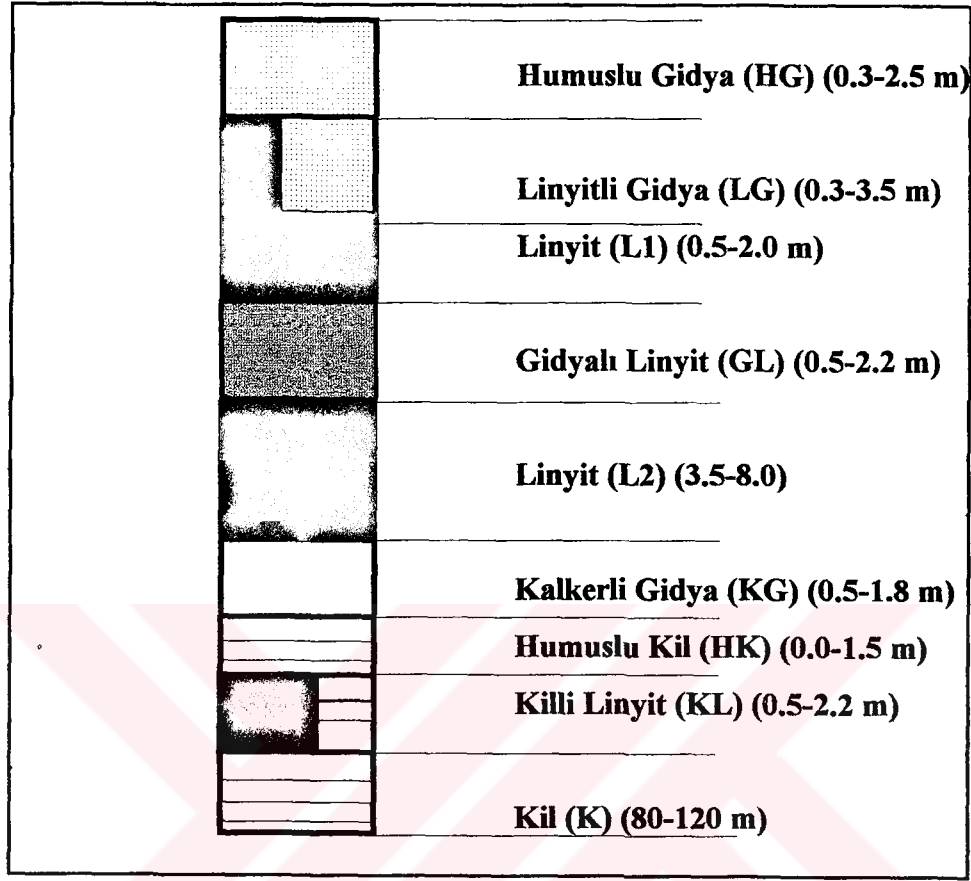
Alt damar değişkenlerine Kolmogorov-Smirnov testi yapılarak değişkenlerin normal dağılıma uygunluk seviyeleri belirlenmiş ve sonuçları Çizelge 3.8’de verilmiştir.

Çizelge 3.8. Kolmogorov-Smirnov Test Sonuçları

	Ort. Anlamlılık Seviyesi (%)
Kalınlık	64.1
a misi	55.1
a kalkül	66.6

3.1.2.Kömür Numuneleri

Kömür damarı içerisinde rastlanılan ve birbirlerinden farklılık gösteren katmanların düşey olarak dizilişleri Şekil 3.9’da verilmiştir. Bölgede gerçekleştirilen sondaj kayıtları incelendiğinde, kömürlü seriler içerisinde başlıca 9 farklı katmana rastlanılmaktadır. Kömür damarının üst kısımlarında bol gastropoda fosilleri içeren gıda, linyit ve bu ikisinin birlikte oluşturduğu katmanlar hakimdir. (L1) adı verilen ve damarın üst kısımlarında görülen linyit serilerinin kalitesi, damarın alt kısımlarında rastlanılan ve (L2) adı verilen linyitli serilerden farklıdır.



Şekil 3.9. Kömür Damarı İçerisindeki Katmanlar

Yukarıda sayılan formasyonların kalitesini belirlemek amacı ile Kışlaköy açık işletmesinin beşinci ve altıncı kazı basamaklarından örnekler alınmıştır. Bu basamaklarda araştırma sahasında bulunan bütün formasyonlar mostra vermekte olup, alınan örneklerin düzeltilmiş darbe dayanım indeksleri Çizelge 3.9’da verilmiştir.

Çizelge 3.9. Numunelerin Tanımı ve Düzeltilmiş Darbe Dayanım İndeksleri (MISI)

Örneğin Adı	Kodu	Ort. MISI (%)	Örneğin Tanımı
Humuslu Gidya	HG	9.8	Koyu gri, bıçakla kesilebilen ve fosilli.
Linyitli Gidya	LG	11.9	Koyu gri, yumuşak ve bıçakla kesilebilir.
Üst Damar Linyiti	L1	40	Siyahımsı kahverengi ve az killi.
Gidyalı Linyit	GL	22	Siyahımsı kahverengi ve fosilli.
Alt Damar Linyiti	L2	56.95	Siyahımsı kahverengi, tıkız ve az killi.
Kalkerli Gidya	KG	9.5	Koyu gri, bıçakla kesilebilen ve kalkerli
Humuslu Kil	HK	15	Yeşilimsi gri, plastik ve fosilli
Killi Linyit	KL	53.85	Siyahımsı kahverengi, tıkız ve az killi.

3.1.3. Termik Santral ve Maden İşletmesinden Sağlanan Vardiya Kayıtları

Santralda yakıt olarak kullanılan kömürlerin kalitesinden kaynaklanan arıza ve kayıpların diğer nedenlerden kaynaklanan kayıplardan ayırt edilerek, bu kayıpların nedenlerini araştırmak amacı ile Afşin Elbistan termik santrali işletme müdürlüğü tarafından vardiyalarda tutulan 1993,1994,1995 ve 1998 yıllarına ait kayıtlar kullanılmıştır (Ek 3.4). Bu kayıtlarda termik santralin her ünitesinde gerçekleştirilen elektrik üretim grafikleri ile,

- kazan,
- türbün,
- kömür alma ve atma,
- değirmen,
- elektrik,
- kül nakliyat

sistemlerinde meydana gelen arızalar ile bunların nedenleri ve duruş süreleri kaydedilmiştir. Ayrıca yine bu kayıtlarda, yakıt olarak kullanılan kömürlerin kül ve nem oranları, ısı değerleri ile küldeki CaO oranları da bulunmaktadır.

3.2. Metod

3.2.1. Düzeltilmiş Darbe Dayanım Deneyi (MISI)

Onur (1997) yaptığı bir araştırmada, darbe dayanım deneyinde deney hücresinin üst kısımlarındaki bölgede, “yastık etkisi” adını verdiği olay nedeni ile darbe enerjisinin büyük bir kısmının absorblanarak alttaki tanelere aktarılmasını engellediğini belirtmektedir.

Darbe dayanım deneyinin en önemli sakıncaları şunlardır:

•İri ve küçük boyutlu tanelerin birlikte deneye girmesi nedeni ile, ilk enerjinin bütün tanelere eşit olarak dağıtılması engellenmektedir. Bilindiği gibi küçük boyutlu taneleri kırabilmek için daha fazla enerjiye gereksinim vardır. Böyle bir işlemde, tane büyüklüğü fazla olan malzeme ilk anda enerjinin büyük bir çoğunluğunu üzerine almakta, küçük tane boyutlarındaki malzemeye ancak daha sonraki darbelerde enerji

aktarılabilmektedir. Deneye giren iri ve küçük boyutlu kömür miktarları her deneyde farklı olduğu için de aynı şartlarda yapılmış deneylerden farklı sonuçlar alınabilmektedir (Çizelge 3.10).

Çizelge 3.10. -9.5:+3.15 mm Aralığında Yapılan Darbe Dayanım Deneylerinde Elde Edilen Sonuçlar

Elek Açıklığı	-9,5mm, +3,15mm						
Numune mikt. (gr)	Deney 1 4.37	Deney 2 8.74	Deney 3 13.1	Deney4 26.21	Deney 5 39.31	Deney 6 52.41	Deney 7 65.51
Darbe Dayanım İndeksi (%)	42,45	51,08	57,11	58,38	57,12	70	75,39
	31,04	41,87	54,12	68,16	65,56	76,06	70,27
	51,55	52,69	53,95	59,42	62,88	75,18	74,93
	54,02	51,12	61,72	68,81	65,97	69,42	76,46
	59,79	36,71	62,28	61,96	69,93	78,05	74,12
Ortalama	47,77	46,694	57,836	63,346	64,292	73,742	74,234
Std.sapma	10,06	6,29	3,59	4,36	4,23	3,43	2,12
Min	31,04	36,71	53,95	58,38	57,12	69,42	70,27
Max	59,79	52,69	62,28	68,81	69,93	78,05	76,46

- Deneye giren kömür miktarı arttıkça yastık etkisi ile darbe enerjisi deney hücresinin alt kısımlarındaki tanelere daha az etki etmektedir.

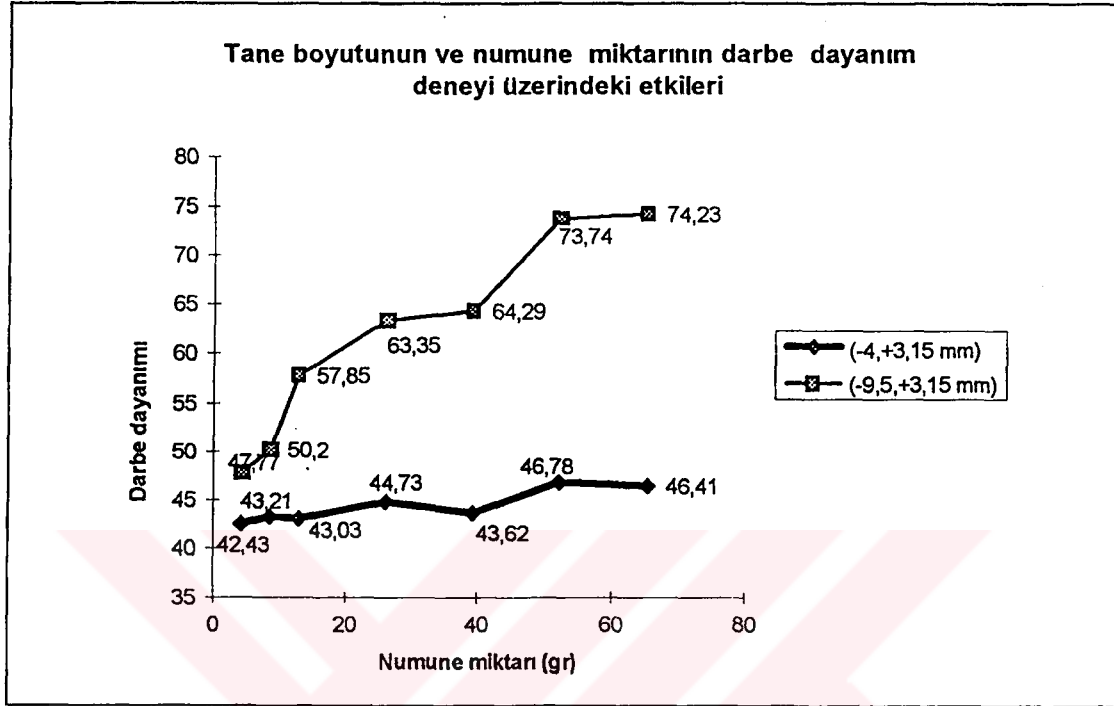
Darbe dayanım deneyinin bu sakıncalarını ortadan kaldırmak için tane boyutu 4 mesh (4.75 mm) ile 3.15 mm arasındaki numuneler kullanılmıştır (Çizelge 3.11).

Çizelge 3.11. -4#:+3.15 mm Aralığında Yapılan Darbe Dayanım Deneylerinde Elde Edilen Sonuçlar

Elek Açıklığı	-4# , +3,15mm						
Numune miktarı (gr)	Deney 1 4.37	Deney 2 8.74	Deney 3 13.1	Deney4 26.21	Deney 5 39.31	Deney 6 52.41	Deney 7 65.51
Darbe Dayanım İndeksi (%)	42,8	45,1	44,5	39,29	49,13	53,6	50,16
	38,55	44,3	45,13	48,47	46,85	50,45	53,37
	43,4	42,5	42,25	43,17	46,2	42,94	38,15
	44,2	43,8	42,07	43,88	37	40,16	46,5
	43,2	40,37	41,18	48,85	38,9	46,74	43,9
Ortalama	42,43	43,214	43,026	44,732	43,616	46,778	46,416
Std.sapma	1,99	1,65	1,52	3,57	4,77	4,87	5,24
Min	38,55	40,37	41,18	39,29	37	40,16	38,15
Max	44,2	45,1	45,13	48,85	49,13	53,6	53,37

Şekil 3.10'da da görüldüğü gibi tane boyutu 4# ile 3.15 mm arasındaki kömür numuneleri üzerinde yapılan deney sonuçlarının standart sapmasının daha düşük

olduğu ve deneye giren numune miktarının artması ile darbe dayanım indeksinin, yani 3.15 mm elek üzerinde kalan numune miktarının arttığı görülmüştür.



Şekil 3.10. Tane Boyutunun ve Numune Miktarının Darbe Dayanım Deneyi Üzerindeki Etkileri

3.2.1.1. Aygıtlar

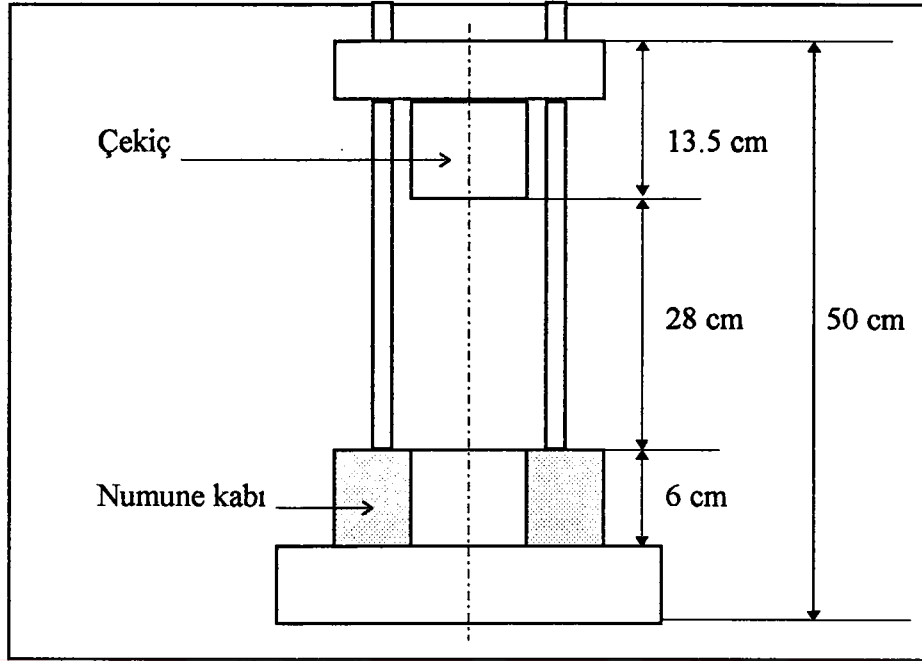
Düzeltilmiş darbe deneyinin yapılabilmesi için gerekli başlıca aygıtlar şunlardır:

- Terazî, 0.01 gram doğrulukla 100 grama kadar tartabilmelidir,
- Terazî, 1 gram doğrulukla 1500 grama kadar tartabilmelidir,
- 4 mesh ve 3.15 mm ebadında tel örgülü iki adet elek ile kapak ve tavası,
- Mekanik eleme aygıtı.

Düzeltilmiş darbe dayanım ölçme aygıtı (Şekil 3.11), bilinen darbe dayanım ölçme aygıtından farklı ölçülerde imal edilmiştir. Deneylerde 4795 gram ağırlığındaki çekiç, numune üzerine 10 cm yüksekliklerden 3 defa düşürülmüş ve uygulanan enerji:

$$\text{Enerji} = 0.10 \text{ (m)} \times 4.795 \text{ (kg)} \times 9.81 \text{ (m/sn}^2\text{)} \times 3 \text{ (darbe sayısı)} \quad (3.1)$$

$$\text{Enerji} = 14.1116 \text{ joule}$$



Şekil 3.11. Darbe Dayanım Ölçme Aygıtı

3.2.1.2. Numunelerin Hazırlanması

• 1 kg son numune 24 - 48 saat havada kurutulur ve tartılır. Kurumuş numuneler, üst eleği 4 mesh ve alt eleği 3.15 mm elek açıklığında olan elek dizisi ile eleme aygıtına yerleştirilir ve 2 dakika süreyle elenir. Elek üstünde kalan malzeme tekrar kırılır ve elenir. Bu işlem, elek üstünde kalan tüm numuneler 4 mesh elekten geçinceye kadar tekrarlanır.

• 4 mesh elek altına geçen ve 3.15 mm elek üstünde kalan kömür iyice karıştırılarak her biri 13.11 ± 0.01 gram ağırlığındaki 5 adet deney numunesi hazırlanır.

• Numune darbe dayanım ölçme aygıtının haznesine yerleştirilerek çekicinin düşme yüksekliği 10 cm uzunluğundaki master çubuk ile kontrol edilir.

• Çekiç haznedeki numune üzerine üç defa düşürülür.

• Numune kabındaki kömür 3.15 mm eleğe boşaltılır ve eleme aygıtında 10 dakika süreyle elenir. 3.15 mm elek üstünde kalan numune tartılır (m_1)

• Bu işlem 5 deney numunesi için de tekrarlanır.

3.2.1.3.Sonuçların Gösterilmesi

Yapılan deneylerin 3.15 mm elek üstü tartılarak aritmetik ortalaması (m_{ort}) alınır.

$$m_{ort} = (m_1 + m_2 + m_3 + m_4 + m_5) / 5 \quad (3.2)$$

$$MISI = \frac{m_{ort}}{13.11} \times 100 \quad (3.3)$$

MISI = Düzeltilmiş darbe dayanım indeksi

3.2.1.4.Düzeltilmiş Darbe Dayanım İndeksi ile Hardgrove İndeksi Arasındaki İlişki

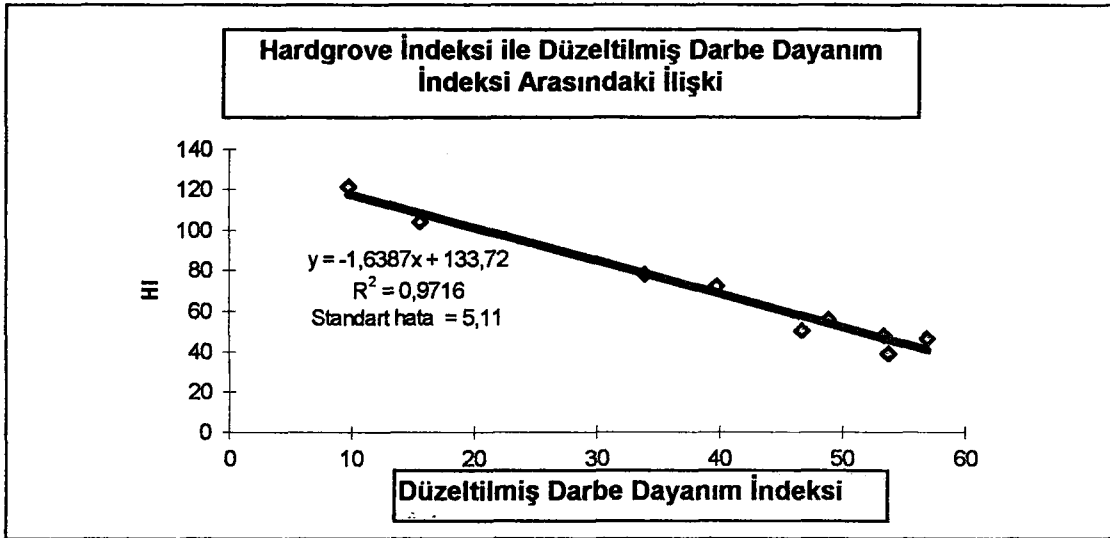
Hardgrove indeksi bilinen kömür numunelerine, düzeltilmiş darbe dayanım deneyi uygulanarak iki yöntem arasındaki korelasyon araştırılmıştır. Hardgrove deneyinde tanelere uygulanan zorlama, kesme ve darbe dayanım deneyinde ise darbe şeklindedir. Ayrıca, düzeltilmiş darbe dayanım deneyinde kullanılan kömür tanelerinin boyutu diğer deneyde kullanılan numunelere oranla daha büyük olduğu için tanelerin mikroçatlak uzunlukları, dolayısı ile boyut küçültme için harcanacak enerji miktarları ve ufalanma mekanizmaları da farklıdır.

İki deney arasında kuvvetli bir korelasyon olması darbe dayanım deney sonuçlarının da kömürün dayanımı hakkında güvenilir sonuçlar verdiğini göstermektedir (Şekil 3.12).

3.2.2.Conditional Simulation

Bir maden yatağı modelinin yanıtlaması gereken başlıca iki problem vardır:

Bunlar kalınlık, nem oranı ve ısı değer gibi yatak parametrelerinin ortalama değerleri ile yine bu parametrelerin ortalamadan olan sapmalarıdır. Kriging yöntemi ile blokların ortalama değerlerini mümkün olan en iyi duyarlılıkla kestirmek mümkündür. Ancak David (1977) kriging ile üretilen değerlerin varyansının sahanın gerçek varyansından daha küçük olacağını bildirmektedir.



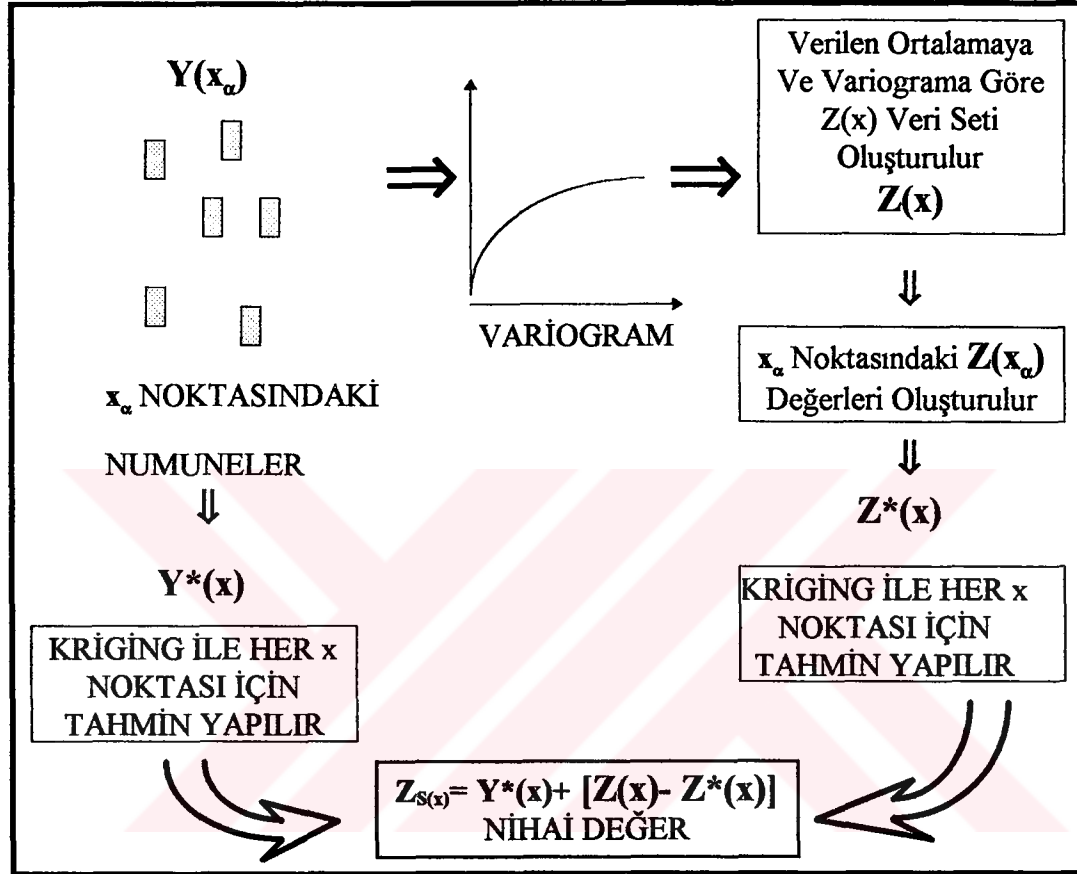
Şekil 3.12 Hardgrove İndeksi İle Düzeltilmiş Darbe Dayanım İndeksi Arasındaki İlişki

Yatak parametrelerinin varyansını gerçeğe daha yakın kestirebilmek için conditional simulation yöntemi kullanılmıştır. Conditional simulasyonun en önemli özellikleri, değişkenin gerçek ve simule edilen değerlerinin aynı istatistiki yapıya yani aynı histograma, variograma ve korelasyon fonksiyonuna sahip olmaları ve örnek alınan yerlerde simulasyon ile gerçek değerlerin birbirine eşit olmasıdır. Conditional simulation yönteminin algoritması Şekil 3.13’de verilmiştir (David 1977). Conditional simulation işlemi aşağıdaki aşamalardan oluşur:

- Maden yatağından sağlanan veriler kullanılarak simulasyonu yapılacak değişken için variogram oluşturulur.
- Değişkenin variogramı ve ortalaması dikkate alınarak simulasyon yapılır ve yatağın her noktası için $Z(x)$ veri seti oluşturulur.
- $x_{(\alpha)}$ noktalarındaki bilinen $Y(x_{\alpha})$ değerleri kullanılarak, kriging ile,yatağın her (x) noktası için $Y^*(x)$ veri seti oluşturulur (Eğer $x = x_{\alpha}$ ise $Y^* x_{\alpha} = Y x_{\alpha}$).
- $Z(x)$ veri setindeki x_{α} örnekleme noktalarındaki değerler ile $Z^*(x)$ veri seti oluşturulur.
- Oluşturulan üç değişik veri setinde de $Z^*(x_{\alpha}) = Z(x_{\alpha})$ ve $Y^*(x_{\alpha}) = Y(x_{\alpha})$ olmalıdır.

•Maden yatağının her x noktası için (3.4) numaralı formülden değişkenin simüle edilmiş değerleri atanır.

$$Z_s(x) = Y^*(x) + [Z(x) - Z^*(x)] \quad (3.4)$$



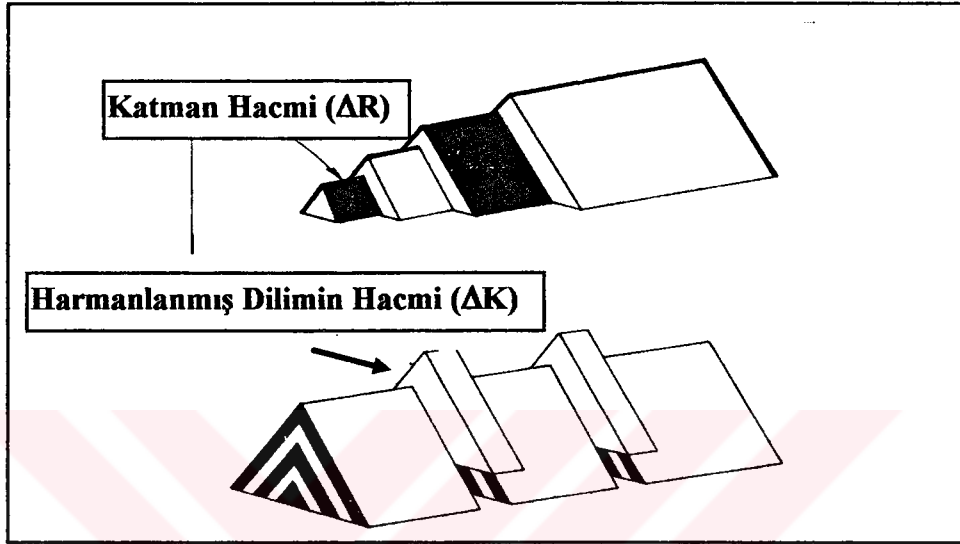
Şekil 3.13. Conditional Simulation Yönteminin Algoritması (David, 1977)

3.2.3. Kömür Ştoklama ve Harmanlama Yönteminin Modellenmesi

Stok sahasının en önemli görevlerinden birisi de ocaktan gelen kömürlerin kalitesindeki dalgalanmaları kabul edilebilir seviyelere çekmektir. Doğrusal olarak tasarlanmış bir stok sahasının (Şekil 3.14) performansını belirleyen parametreler şunlardır:

- Katman sayısı (N).
- Katman hacmi (ΔR).
- Harmanlanmış bir dilimin hacmi (ΔK).
- Kritik örnekleme miktarı (Q_c).

- Stok sahasına giren kömürlerin kalitesindeki sapma (σ^2_g).
- Stok sahasından çıkan kömürlerin kalitesindeki sapma (σ^2_ϕ).
- Harmanlama verimi (H_v).
- Stok sahasının kapasitesi (M).



Şekil 3.14. Doğrusal Stoklama (Schofield, 1980)

Stoktaki kömürlerin varyansı (σ^2_g) aşağıdaki formülle kestirilebilir:

$$\sigma^2_g = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (X_{ort} - X_N)^2 \quad (3.5)$$

Stoktaki kömürlerin varyansı (σ^2_g) ve stoktan alınan kömürün varyansı (σ^2_ϕ) ise , harmanlama verimi (H_v):

$$H_v = (\sigma^2_g) / (\sigma^2_\phi) \quad (3.6)$$

Stoktan alınan kömürün varyansını kestirebilmek için Standart İstatistiki yöntem (Schofield, 1980) kullanılmıştır. Yöntemin esası Merkezi Limit Teorisine (Yamane, 1963) dayanmaktadır. Teoriye göre aritmetik ortalaması (μ) ve varyansı (σ^2) olan bir ana kütle içerisinde (N) birimlik tesadüfi örnek seçilirse, ana kütle ile aynı bölünmeye sahip (N) adet tesadüfi değişken ($X_1, X_2, X_3, \dots, X_N$) elde edilir. Bu tesadüfi değişkenlerin aritmetik ortalaması:

$$X_{ort} = (X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_N) / N \quad (3.7)$$

ve varyansı ise:

$$\sigma^2 X = \sigma^2 / N \quad (3.8)$$

şeklinde belirtilmektedir.

Burada $\sigma^2 \phi = \sigma^2 X$ ve $\sigma^2 g = \sigma^2$ olduğuna göre:

$$\sigma^2 \phi = \sigma^2 g / N \quad (3.9)$$

olur. Sonuç olarak “harmanlama verimi doğrudan doğruya katman sayısı (N)’in fonksiyonudur” denilebilir (Schofield, 1980).

Stok sahasının kapasitesinin kestirimi için jeostatistiğin temel unsurlarından olan “Blok Varyansı” kullanılmıştır. Eğer maden yatağı çeşitli boyut ve şekillerde bloklara bölünürse, bu bloktaki kalite ile ilgili parametrelerin varyansına blok varyansı adı verilir. Maden yatağı içerisindeki bir bloğun tenörünün varyansı ($\sigma^2(v/V)$), yataktaki herhangi bir noktanın tenörünün varyansı ile ($\sigma^2(0/V)$), bloğun içerisindeki bir noktanın varyansının ($\sigma^2(0/v)$) farkına eşittir (David 1977).

$$\sigma^2(v/V) = \sigma^2(0/V) - \sigma^2(0/v) \quad (3.10)$$

Blok varyansı kalite ile ilgili parametrelerin saatlik, günlük, yıllık sürelerdeki üretimle ne kadar değişeceğini göstermesi ve kömür stok sahasının hacminin hesaplanması açısından önemlidir.

4.BULGULAR VE TARTIŞMA**4.1.Santralda Yakıt Olarak Kullanılan Linyitlerin Kalitesinden Kaynaklanan Arızalar**

Kazan ve çevre kirliliğine neden olan linyit türlerinin belirlenmesi amacı ile, vardiya kayıtları üzerinde yapılan incelemelerde, linyitin kalitesinden kaynaklandığı belirlenen başlıca problemlerin iki grupta toplandığı görülmüştür.

a) Santrala verilen linyitin kül miktarının kazanın kül atma kapasitesinin üzerinde olması nedeni ile oluşan duruşlar,

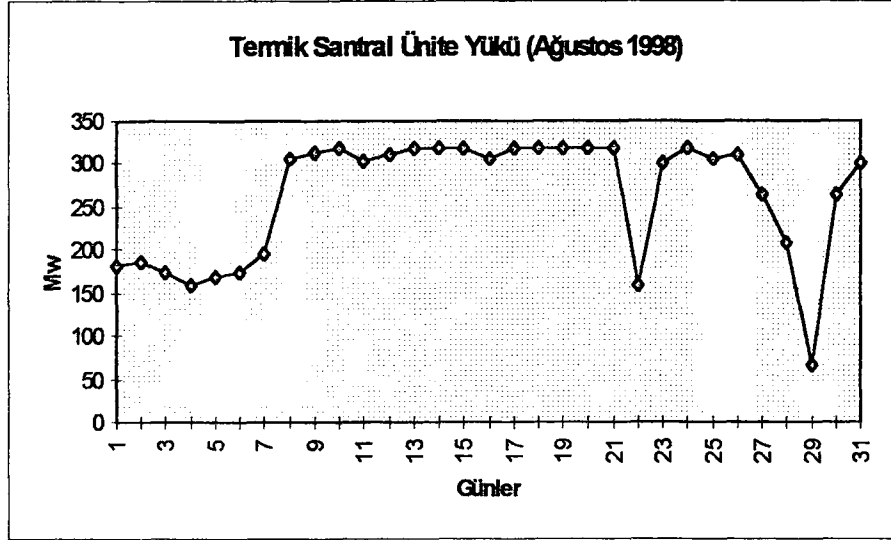
- Projeye göre yanma artıklarının %80'inin elektro filtreler tarafından tutulması öngörülmüştür. Yanma artıklarının büyük bir çoğunluğunun uçucu olup kazanı baca gazları ile birlikte terk etmesi durumunda; bu filtreler daha yüksek uçucu kül konsantrasyonuna göre tasarlanmadığından aşırı yüklenip parçacıkların önemli bir kısmını elimine etmekte zaafa düşerler ve böylece bacadan kaçan parçacıklar çevreyi kabul edilebilir sınırların ötesinde kirlletmektedir.

b) Linyitlerin santral kazanlarında ve ısı transfer yüzeylerinde oluşturduğu curuflaşma ve kirlilik nedeni ile oluşan zorunlu duruşlar ve ısı kayıpları.

- Kazan altı ızgaralarının hava geçişleri, erimiş veya yarı erimiş kül ile tıkanarak yanma veriminin düşmesine neden olmaktadır. Bu arıza türü vardiya raporlarında "kazan altının tıkanması veya kazan altı paletli çıkarıcıların yüklenmesi" (Şekil 4.1) olarak adlandırılmaktadır,

- Erimiş veya yapışkan tortular kazan içerisindeki ısı değiştirici yüzeylerde toplanarak ısı transferini engellemektedir. Bu tortuların temizlenebilmesi için santralin her ünitesi yılda en az bir defa durdurularak ortalama 15 gün bakıma alınmaktadır. Ancak bu işlemler sırasında ısı değişim yüzeyleri de hasar görmektedir,

- Yine bu erimiş ve yapışkan tortular kül nakliyat hattına hasar vererek santralin devre dışı kalmasına neden olmaktadır (Şekil 4.1),



Şekil 4.1. Santral 1. Ünite Yük Kontrol Grafiği (TEAŞ Vardiya Özet Raporu, 1998)

4.2. Kazan ve Çevre Kirliliğine Neden Olan Linyit Türleri

Kazan ve çevre kirliliğine neden olan linyit türlerinin belirlenebilmesi için öncelikle maden işletmesi tarafından santrale yakıt olarak gönderilen linyitlerin satış protokolundaki şartlara uygunluğu kontrol edilmiştir.

4.2.1. Mevcut Protokole Göre Santrale Verilecek Linyitin Özellikleri

Afşin - Elbistan Termik Santrali İşletme Müdürlüğü ile Maden İşletme Müdürlüğü arasında yapılan protokole göre Santrale yakıt olarak verilecek linyitlerin orijinal bazdaki günlük ortalama değerleri Çizelge 4.1'de verilmiştir.

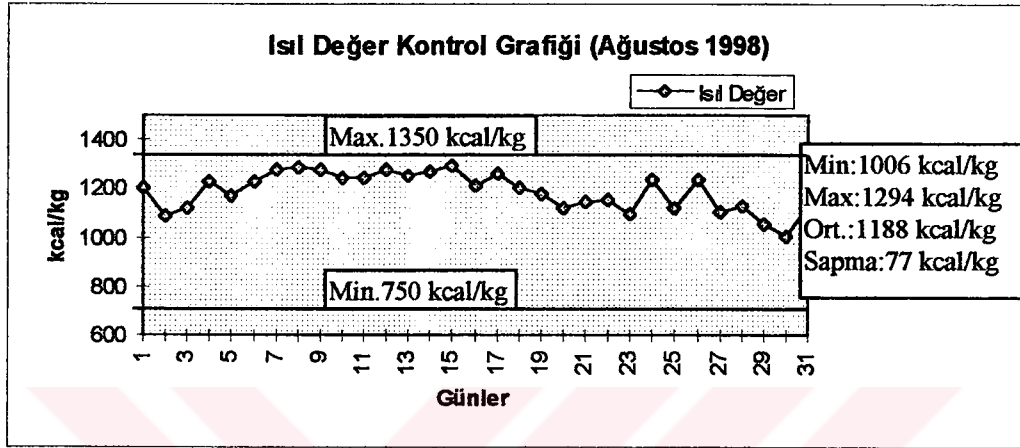
Çizelge 4.1. Santrale Verilecek Linyitlerin Orijinal Bazdaki Günlük Ortalaması

Baz kalorifik değer	1050 ± 100 kcal/kg
Minimum kalorifik değer	750 kcal/kg
Maksimum kalorifik değer	1350 kcal/kg
Ortalama kül oranı	% 8-23
Ortalama nem oranı	% 50-64
Küldeki CaO Oranı	% 20-40

Bu parametrelerin Ağustos 1998 ayında protokol değerlerine uygunlukları aşağıda incelenmiştir.

4.2.1.1. Isıl Değer

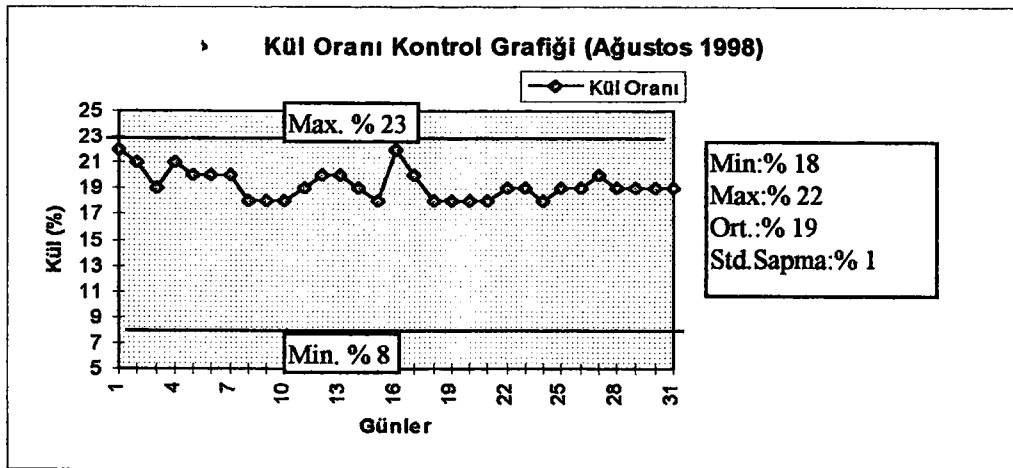
Ağustos 1998’de santralda yakıt olarak kullanılan linyitlerin orijinal bazdaki ısı değeri ortalama 1188 kcal/kg ve standart sapması 77 kcal/kg olmuştur (Şekil 4.2). Bu değerler protokolde belirtilen sınırların içerisinde kalmaktadır.



Şekil 4.2. Isıl Değer Kontrol Grafiği (TEAŞ Vardiya Özet Raporu, 1998)

4.2.1.2. Kül Oranı

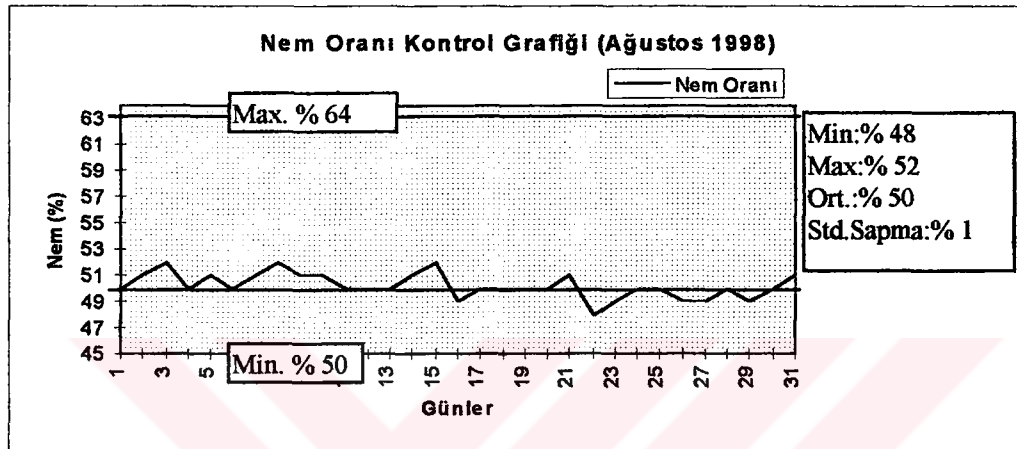
Ağustos 1998’de santralda yakıt olarak kullanılan linyitlerin orijinal bazdaki kül oranları ortalama % 18 ve standart sapması % 1 olmuştur (Şekil 4.3). Bu değerler protokolde belirtilen sınırların içerisinde kalmaktadır.



Şekil 4.3. Kül Oranı Kontrol Grafiği (TEAŞ Vardiya Özet Raporu, 1998)

4.2.1.3.Nem Oranı

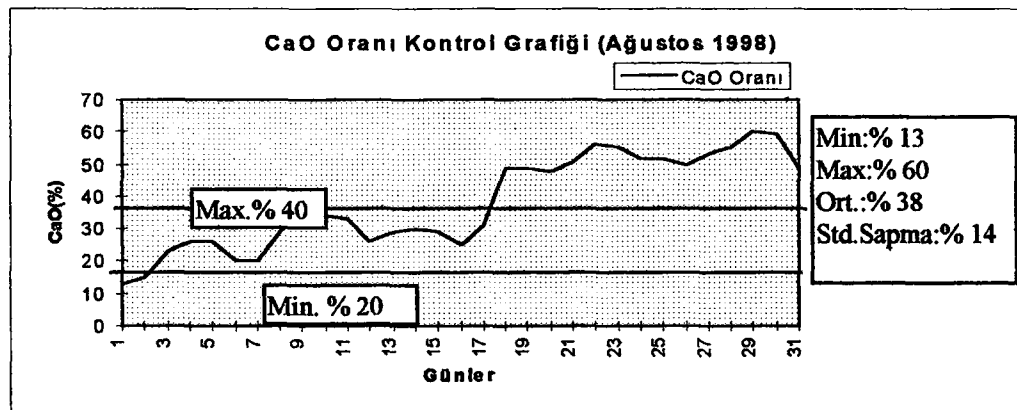
Ağustos 1998’de santralda yakıt olarak kullanılan linyitlerin orijinal bazdaki nem oranları ortalama % 50 ve standart sapması % 1 olmuştur (Şekil 4.4). Ay içerisinde 6 günün ortalama nem değerleri %50’nin altına düşerek protokolde belirtilen değerlerin altında kalmıştır.



Şekil 4.4. Kül Oranı Kontrol Grafiği (TEAŞ Vardiya Özet Raporu, 1998)

4.2.1.4.Kuru Küldeki CaO Oranı

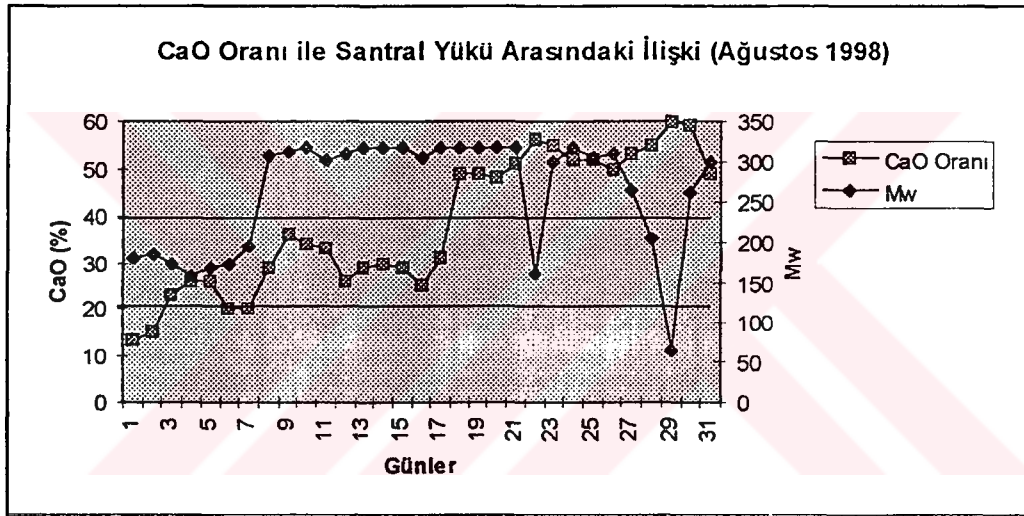
Ağustos 1998’de santralda yakıt olarak kullanılan linyitlerin kuru küllerindeki CaO oranları ortalama % 38 ve standart sapması % 14 olmuştur (Şekil 4.5). Ay içerisinde 2 günün ortalama CaO değerleri %20’nin altına düşmüş ve 14 gün de % 40’ın üzerinde kalmıştır.



Şekil 4.5. CaO Oranı Kontrol Grafiği (TEAŞ Vardiya Özet Raporu, 1998)

4.2.1.5.Sonuçlar

Vardiya raporları üzerinde yapılan incelemelerde, bazı dönemlerde, yakıt olarak kullanılan linyitler spesifikasyonlara uygun olduğu halde santralda kömür kalitesinden kaynaklanan arızalar olduğu belirlenmiştir. Örneğin yukarıda incelenen Ağustos ayı verilerine göre; ısı değeri, kül ve nem oranları linyit satış spesifikasyonunda belirtilen sınırlar içerisindedir. CaO oranı ise ayın ilk 18 gününde spesifikasyonlara uymasına rağmen elektrik üretimi ayın ilk 7 günü “kazan altı paletlerin yüklü” arızası nedeni ile ortalama 177 Mw olmuştur (Şekil 4.6). Bu yedi günlük sürede CaO oranının 4 saatlik ortalamalarının 1 gün içerisindeki standart sapması ise %15.09 olmuştur.



Şekil 4.6. CaO Oranı ile 1. Ünite Yükü Arasındaki İlişki.

4.2.2. Afşin-Elbistan Linyitlerinin Kazan Kirletme ve Curuf Oluşturma Eğilimlerinin Saptanması

Afşin-Elbistan havzasında bulunan linyitlerin küllerinin erime özellikleri ile kazan kirletme ve curuflaşma eğilimleri kimyasal bileşimlerinden yararlanılarak yapılmıştır. Araştırmacılar külleri kazan kirletme özelliklerine göre Linyitik Küller ve Bitümitik Küller diye iki grupta incelemektedir.:

$$\text{Bitümitik Kül} : \text{SiO}_2 > (\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{Na}_2\text{O}) \quad (4.1)$$

$$\text{Linyitik Kül} : \text{SiO}_2 < (\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{Na}_2\text{O}) \quad (4.2)$$

Afşin-Elbistan havzasındaki linyit küllerinin analizleri incelendiğinde bazik oksitlerin, asidik oksitlere oranı 0.39 ile 52.9 arasında değiştiği görülmüştür. Bu sonuç maden yatağında linyitik ve bitümlük küllerin bulunduğunu göstermektedir. Bu nedenle küllerin curuflaşma ve kazan kirlenme özellikleri incelenirken küller,

- Linyitik küller: $(\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} + \text{MgO}) / (\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2) > 1$ (4.3)

- Bitümlük küller: $(\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} + \text{MgO}) / (\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2) < 1$ (4.4)

olarak sınıflandırılmıştır.

4.2.2.1. Linyitik Tip Küllerin Kazan Kirlenme Eğilimleri

Bu tip kül içeren linyit damarları kömür yatağının üst kesimlerinde yer almakta ve bölgede ara kesme olarak CaO içeriği yüksek kalk gıda tabakalarına rastlanılmaktadır. Linyitik kül içeren linyit damarlarına ilişkin analiz sonuçları Ek 4.1’de ve kısa istatistiki analiz Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Linyitik Kül İçeren Linyit Damarlarına İlişkin Kısa İstatistik Analiz

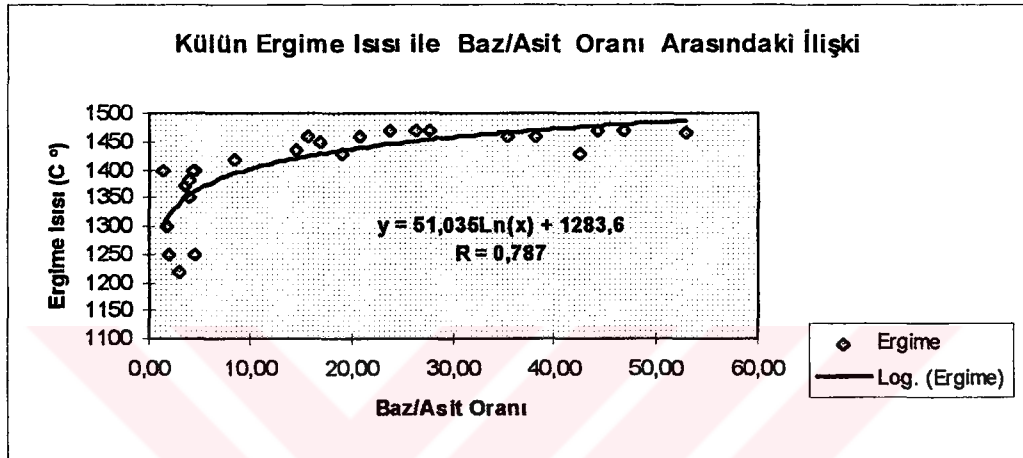
	Ortalama	Minimum	Maksimum	Varyans	Standart sapma
Isıl Değer (kcal/kg)	783,20	170,00	1920,00	213245,7	452,46
Kuru Kül Oranı (%)	40,32	21,91	53,10	63,22	7,79
SiO ₂ (%)	12,87	2,38	32,36	98,50	9,72
Fe ₂ O ₃ (%)	2,60	0,46	6,03	3,19	1,75
Al ₂ O ₃ +TiO ₃ (%)	6,05	0,92	16,36	23,81	4,78
CaO (%)	57,84	20,20	86,70	306,60	17,16
MgO (%)	1,72	0,82	3,24	0,47	0,67
MnO (%)	0,12	0,01	0,26	0,00	0,09
SO ₃ (%)	10,20	2,68	18,76	33,54	5,67
P ₂ O ₅ (%)	0,32	0,06	0,70	0,05	0,21
Na ₂ O (%)	0,16	0,05	0,41	0,00	0,08
K ₂ O (%)	0,16	0,05	0,40	0,00	0,09
Sinterleşme Sıcak. (C°)	1115,80	1000,00	1280,00	5982,67	75,78
Ergime Sıcak. (C°)	1405,64	1220,00	1470,00	5816,07	74,72
Baz/Asit Oranı	18,67	1,33	52,91	272,93	16,19

Linyitik kül içeren linyitlerin kül erime sıcaklıkları ile baz/asit oranı arasındaki korelasyon katsayısı $r = 0.787$ ’dir (Şekil 4.7). Yapılan çoklu regresyon analizinde ise ergime ısısının Fe₂O₃ ve Kal/Kül parametreleri ile olan korelasyon katsayısı $r^2 = 0.77$ olmuştur (4.5).

$$\text{Ergime Isısı} = 1502.058 - 21.86(\text{Fe}_2\text{O}_3) - 1.74(\text{Kal/Kül}) \quad (4.5)$$

4.2.2.2.Bitümik Tip Küllerin Kazan Kirlenme Eğilimleri

Bu tip kül içeren linyit damarları kömür yatağının alt kesimlerinde yer almakta ve bölgede ara kesme olarak SiO_2 içeriği yüksek kül tabakalarına rastlanılmaktadır. Bitümik kül içeren linyit damarlarına ilişkin analiz sonuçları Ek 4.2'de ve kısa istatistiki analiz Çizelge 4.3'de verilmiştir.

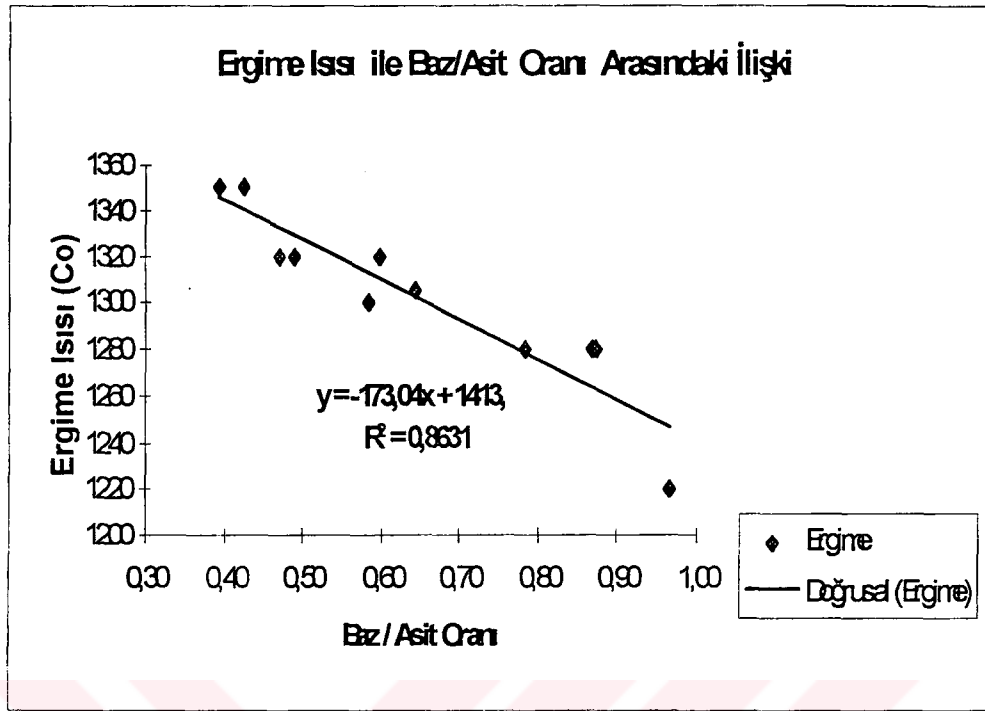


Şekil 4.7. Linyitik Küllerin Ergime Isıları ile Baz/Asit Oranları Arasındaki İlişki

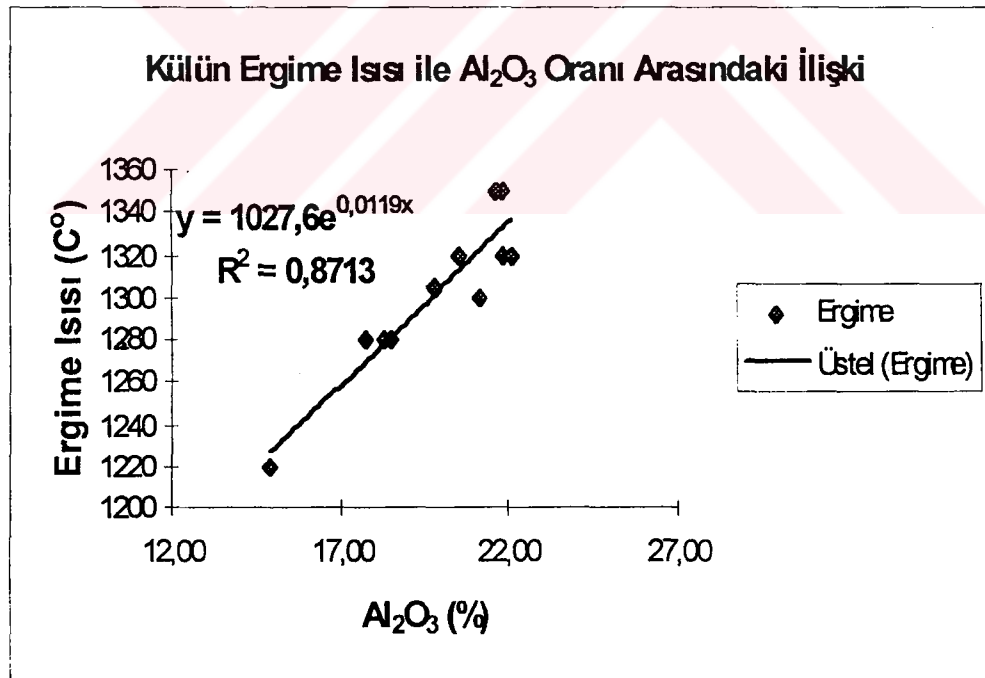
Çizelge 4.3. Bitümik Kül İçeren Linyit Damarlarına İlişkin Kısa İstatistik Analiz

	Ortalama	Minimum	Maksimum	Varyans	Std. Sap.
Isıl Değer (kcal/kg)	834	437	1110	39905	190,5
Kuru Kül Oranı (%)	53	41	72	125,17	10,7
SiO_2 (%)	48	42	56	27,33	4,99
Fe_2O_3 (%)	9	8	12	0,91	0,91
$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_3$ (%)	20	15	22	5,10	2,15
CaO (%)	10	5	16	14,53	3,63
MgO (%)	2,6	2,4	2,8	0,02	0,14
MnO (%)	0,07	0,04	0,09	0,0002	0,01
SO_3 (%)	7,86	3,30	14,62	16,33	3,85
P_2O_5 (%)	0,30	0,18	0,41	0,005	0,07
Na_2O (%)	0,71	0,60	0,83	0,01	0,07
K_2O (%)	0,72	0,60	0,85	0,01	0,08
Sinterleşme Sıcak. (C°)	1046	960	1150	4725	66
Ergime Sıcak. (C°)	1302	1220	1350	1377	35
Baz/Asit Oranı	0,64	0,39	0,97	0,04	0,19

Bitümik kül içeren linyitlerin kül erime sıcaklıkları ile baz/asit oranı arasındaki korelasyon katsayısı $r^2 = 0.86$ 'dır (Şekil 4.8). Yapılan regresyon analizinde ise ergime ısısının küldeki Al_2O_3 oranı ile olan korelasyon katsayısı $r^2 = 0.87$ olmuştur (Şekil 4.9).



Şekil 4.8. Bitümlük Küllerin Ergime Isıları ile Baz/Asit Oranları Arasındaki İlişki

Şekil 4.9. Bitümlük Küllerin Ergime Isıları ile Al₂O₃ Oranları Arasındaki İlişki

4.2.3.Satılabilir Kömür Özelliklerinin Yeniden Belirlenmesi

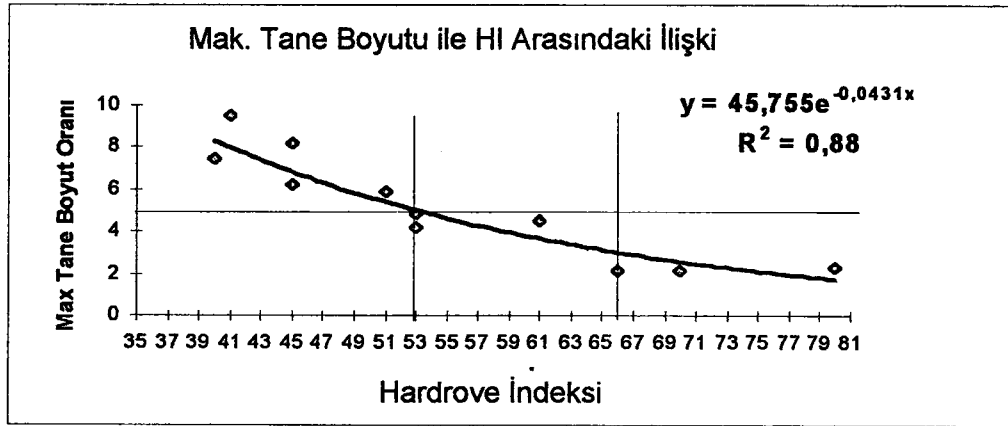
Genellikle yakıt olarak kullanılan linyitlerin ısı değeri, kül, CaO ve nem oranları linyit satış spesifikasyonunda belirtilen sınırlar içerisinde olmasına rağmen santralde kömür kalitesine bağlı duruşların olması, satılabilir linyitlerin kalitesini belirleyen parametreleri ve bunların sınır değerlerini yeniden belirlenmesini gerektirmiştir.

4.2.3.1.Afşin-Elbistan Linyitlerinin Dayanım Özelliklerinin Külün Kazan Kirlenme ve Cüruflaşma Eğilimi Üzerindeki Etkisi

Kazan altına toplanarak ızgaraların tıkanmasına ve cüruflaşmaya neden olan linyit türleri ile, kazanın üst kısımlarındaki ısı transfer yüzeylerine yapışarak kirliliğe neden olan linyit türlerinin öğütülebilirlik ve diğer özellikleri belirlenerek, kısa istatistikler Çizelge 4.4’de verilmiştir. Kazan tasarımcıları Afşin-Elbistan termik santrali için değirmenden çıkan linyitlerin %54’ünün boyutunun 1 mm ile 0.09 mm arasında ve % 41’inin de 0.09 mm den küçük olması gerektiğini belirtmektedir (Deutsch-Babcock, 1975). Termik santral işletmesi tarafından hazırlanan “TEK Afşin-Elbistan Termik Santrali 2 Nolu Kazanında Yapılan Özel Testler (1990)” adlı rapordan elde edilen verilere göre HI değeri 66’nın üzerinde ve HI değeri 53’ün altındaki linyit türlerinde değirmenden çıkan linyitin tane boyut dağılımı tasarım parametrelerinin dışında dağılımlar göstermektedir (Şekil 4.10).

Çizelge 4.4 Afşin-Elbistan Linyitlerinin Öğütülebilirlik ve Diğer Özelliklerine İlişkin Kısa İstatistikler

	HI	Baz/Asit Oranı	Isıl Değer (kcal/kg)	Kuru Kül Oranı	Kal/Kül Oranı	Uçucu Madde	Sabit Karbon
Min.	39	0,28	433	20,16	8,50	9,30	2,90
Maks.	152	13,74	1639	50,96	81,30	21,84	14,30
Ortalama	69	3,88	1196	39,45	34,39	18,37	9,13
Std. Sap.	33,4	4,32	314	9,02	18,50	3,29	3,12



Şekil 4.10. Hardgrove İndeksi İle 1mm den Büyük Tane Oranı Arasındaki İlişki (TEK,1990)

Afşin-Elbistan Linyitlerinin Hardgrove değerleri 39 ile 152 arasında değişmekte olup standart sapması 33.4 gibi büyük bir değere ulaşmaktadır. Satılabilir linyitlerin HI değerlerinin ise 53 ile 66 arasında olması gerekmektedir. Afşin-Elbistan linyitlerinin Hardgrove indeksi ile düzeltilmiş darbe dayanım indeksi arasındaki korelasyondan faydalanarak satılabilir linyitlerin dayanım değerlerini Çizelge 4.5'deki gibi tanımlayabiliriz.

Çizelge 4.5. Satılabilir Linyitlerin Darbe Dayanım ve Hardgrove İndeks Değerleri

	Hardgrove İndeksi (HI)	Düzeltilmiş Darbe Dayanım Değeri (%)
Minimum	53	41
Maksimum	66	49
Ortalama	59	45
Std. Sapma	2.2	1.3

4.2.3.2.Linyitlerin Isıl Değerleri İle Kül İçerikleri Arasındaki Oranın Kazan İşletmeciliği Açısından Önemi

Linyitin ısı değeri ile kül oranı arasındaki oransal ilişki elektrik üretimini doğrudan ilgilendiren bir parametredir. Bir ünitenin yakıt tüketimi ile, yakıt olarak kullanılan linyitin kül oranı arasında negatif bir ilişki vardır. Her bir ünitenin kurulu gücü 344000 kw olup, 1 kwh üretim için 2500 kcal enerji gerekmektedir. Bu durumda 1 saatlik elektrik üretimi için her ünitenin 860.000.000 kcal enerjiye ihtiyacı vardır. Linyitin ısı değeri düştükçe kazana verilen linyit miktarının artırılması gerekir. Diğer taraftan kazandan çıkarılabilecek kül miktarı 172 ton/saat ile sınırlıdır. Ural ve Onur (1995) bu ilişkiyi Şekil 4.11'de görülen lineer doğru denklemi ile açıklamışlardır.

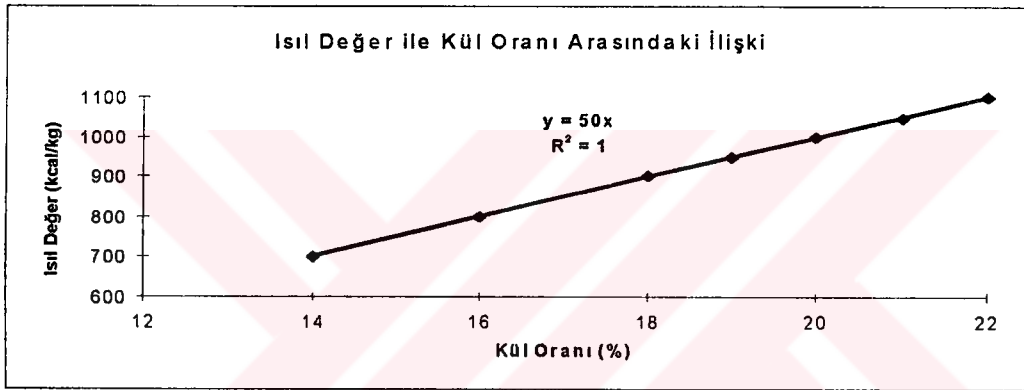
$$\text{Orijinal Linyitin Isıl Değeri} = \text{Kül Oranı} \times 50 \quad (4.6)$$

$$\text{Min. (Orijinal Linyitin Isıl Değeri / Orijinal Kül Oranı)} = 50 \quad (4.7)$$

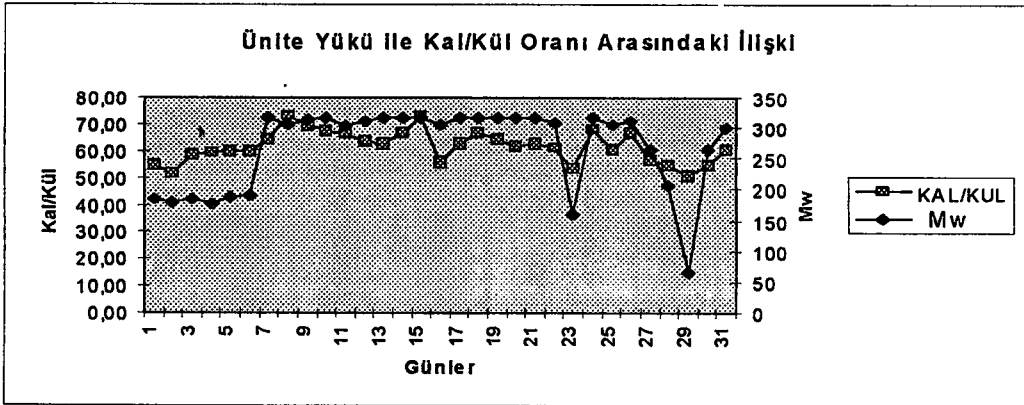
Linyitin Isıl değeri ile Kül oranı arasındaki bu parametre “Kal/Kül olarak adlandırılmıştır. Her bir ünite de 344 MW yükü çalışabilmesi için Kal/Kül oranının 50’den büyük olması gerekmektedir.

$$\text{Kuru bazdaki kül için ise bu oran;} \\ \text{Min. (Orijinal Linyitin Isıl Değeri / Kuru Kül Oranı)} = 25 \quad (4.8)$$

olmaktadır. Nitekim Ağustos 1998 de kömür kalitesinden kaynaklanan üretim kayıpları bu parametre ile daha iyi açıklanabilmektedir (Şekil 4.12).



Şekil 4.11. Kazanın Kül Atma Kapasitesine Bağlı Olarak Linyitin Isıl Değeri ile Kül Oranı Arasındaki İlişki



Şekil 4.12. Elektrik Üretimi ile Kal / Kül Oranı Arasındaki İlişki

Sonuç olarak; santralde yakıt olarak kullanılan linyitlerin protokolde belirtilen sınır değerler içerisinde olduğu durumlarda da elektrik üretiminin aksadığı böylece adı geçen protokolde belirtilen kriterlerin yetersiz kaldığı ve linyitlerin dayanımları ile Kal/Kül oranlarının elektrik üretimi açısından daha belirleyici olduğu görülmüştür.

4.3.Şartlı Modelleme Yöntemi ile Linyit Kömürün Kalitesinin ve Rezervinin Kestirimi

Maden yatağı birbirleri ile yapısal farklılık gösteren alt ve üst damar olmak üzere ikiye ayrılarak modellenmiştir.

4.3.1.Üst Damar Variogram Analizi

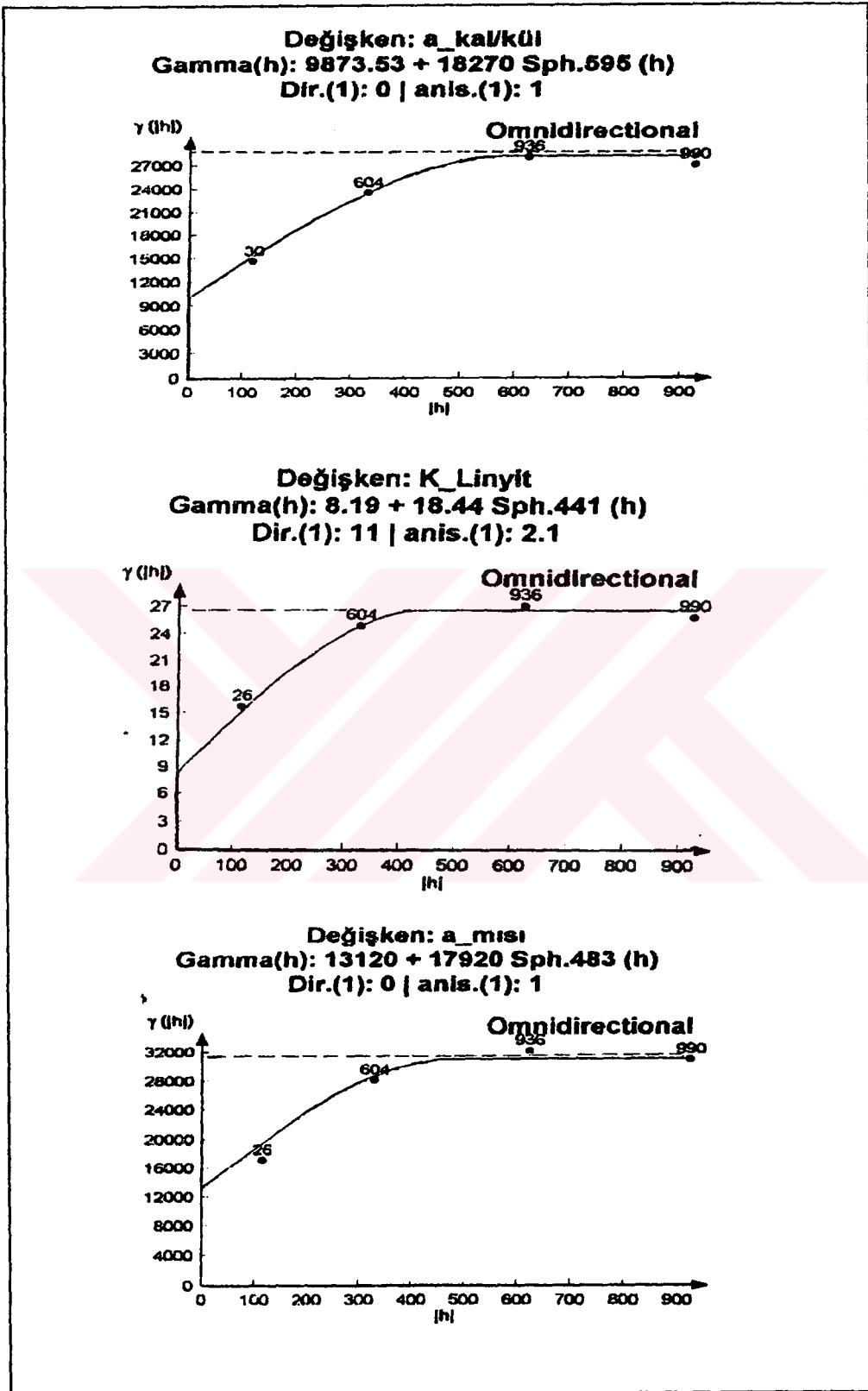
Kalınlık (k_{linyit}), kalınlık X misi (a_{misi}) ve kalınlık X kal/kül ($a_{\text{kalkül}}$) değişkenlerinin ortalama deneysel variogramları hesaplanmış ve uyarlanan modellerle birlikte Şekil 4.13’de verilmiştir.

4.3.2.Üst Damara İlişkin Kalite ve Rezerv Kestirimi

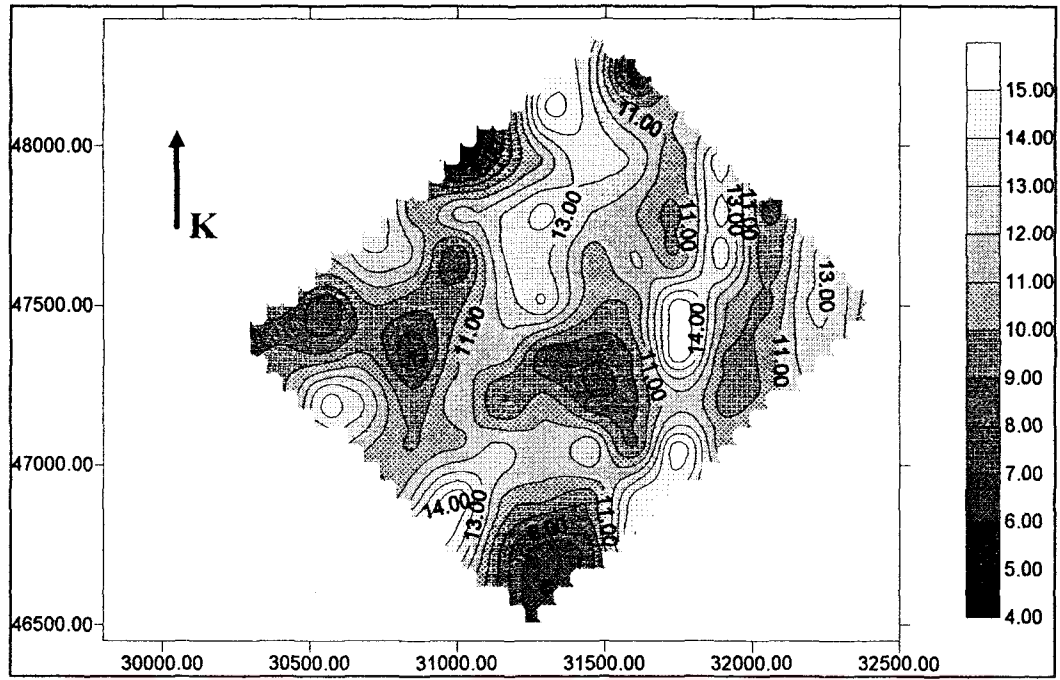
Üst damarı kesen 69 adet karotlu sondaja ilişkin veriler Deutsch ve Journel (1992) tarafından geliştirilen “Geostatistical Software Library (GSLIB)” adlı yazılım kullanılarak kalınlık, kalori/kül ve düzeltilmiş darbe dayanım değerlerinin (MISI) yatak içerisindeki miktarları ve dağılımları kestirilmiştir. Üst Damar 150x150 m² boyutlarında 203 adet panoya bölünmüş ve GSLIB içerisindeki “Sasim” adlı yazılım kullanılarak her bir pano için kalınlık, kal/kül (Ek 4.3) ve MISI (Ek 4.4) parametrelerine ilişkin 50 ayrı model oluşturulmuştur. Sonra her panonun ortalama kalınlık, kal/kül ve MISI değerlerinin ortalaması ve varyansı hesaplanarak sonuçları (Ek 4.5)’da ve kısa istatistikleri Çizelge 4.6’da verilmiştir. Blokların ortalama kalınlık haritası Şekil 4.14’de, kal/kül parametresinin ortalama blok değerleri ve standart sapma haritaları Şekil 4.15 ve Şekil 4.16’de ve MISI parametresinin ortalama blok değerleri ve standart sapma haritaları ise Şekil 4.17 ve Şekil 4.18’de verilmiştir.

Çizelge 4.6. Üst Damardaki Blokların Şartlı Modelleme Yöntemi ile Üretilen Ortalamaları ve Standart Sapma Değerlerine İlişkin İstatistikler

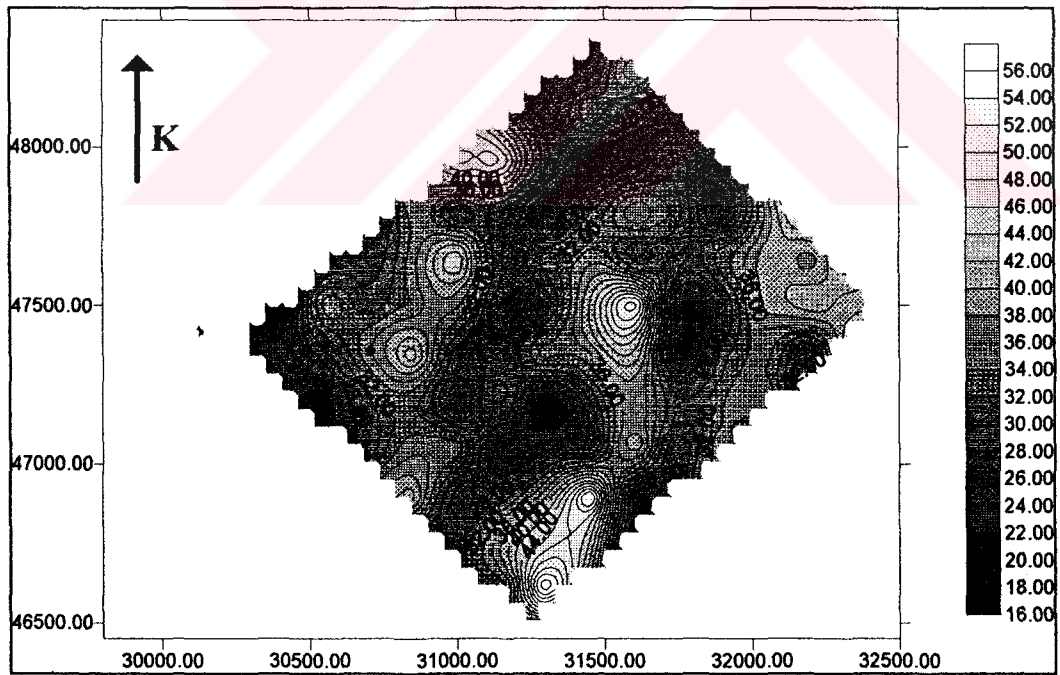
	Kalınlık(m)	Rezerv(m³)	Kal/Kül	Std.Sapma	MISI	Std.Sapma
min	3,58	80523,81	11,00	7,01	10,89	4,86
maks.	16,97	381928,59	61,11	30,27	68,21	29,81
ortalama	11,02	248056,50	32,51	15,24	32,35	12,70
std.sapma	2,82	63367,31	9,94	4,61	9,35	5,21



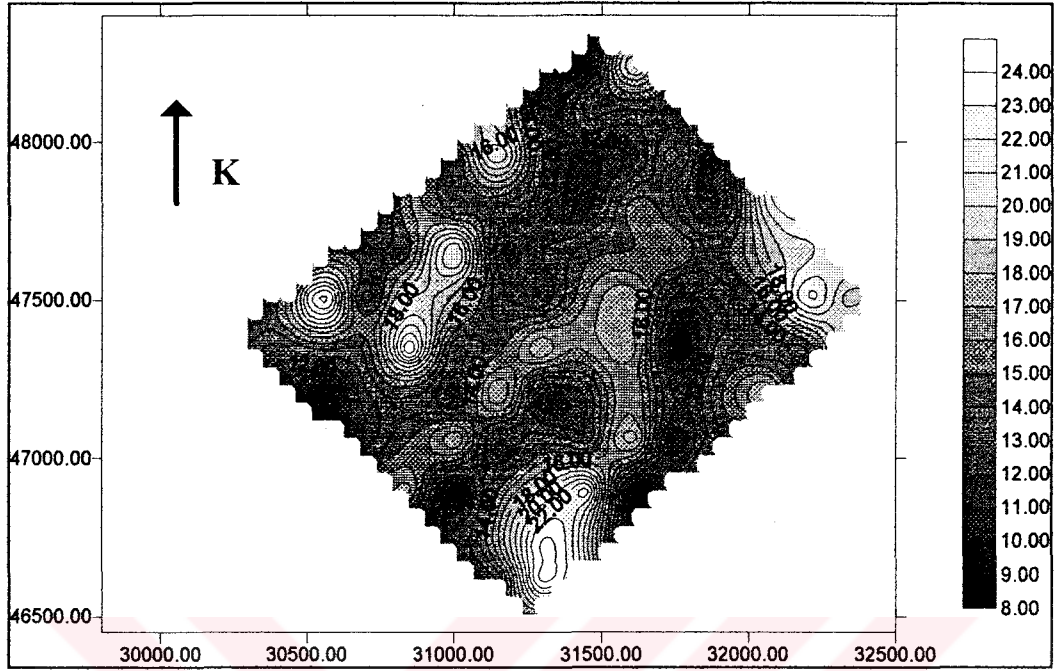
Şekil 4.13. Üst Damar Değişkenlerine İlişkin Variogramlar



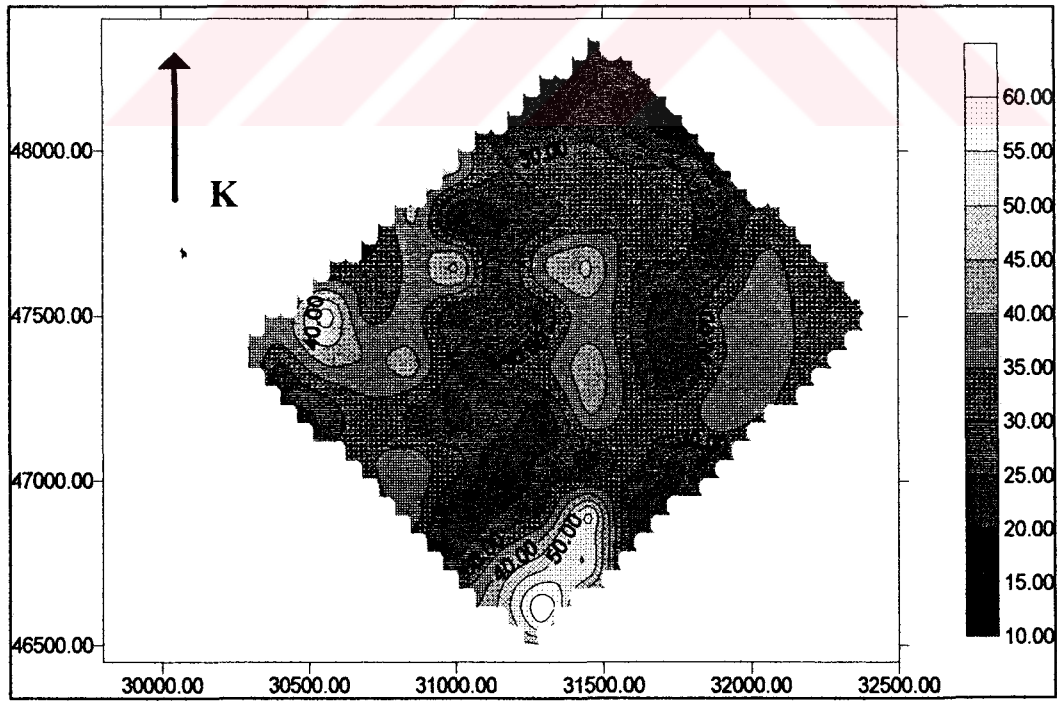
Şekil 4.14. Üst Damar Kalınlık Haritası



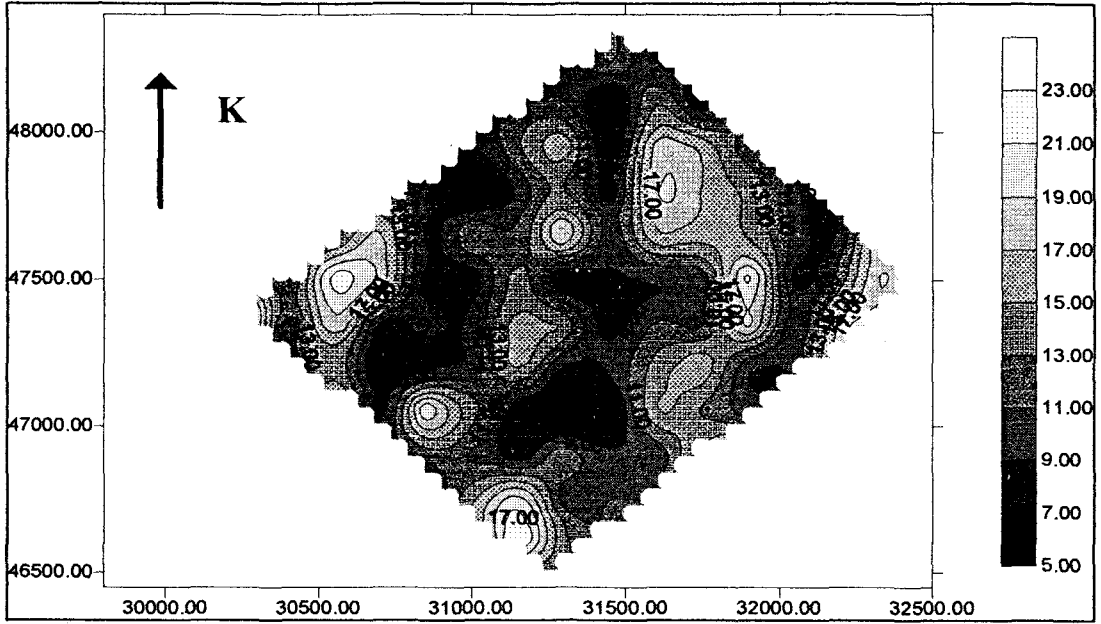
Şekil 4.15. Üst Damar Kalori/Kül Dağılımı



Şekil 4.16. Üst Damar Kal/Kül'ün Bloklara İlişkin Standart Sapma Değerleri

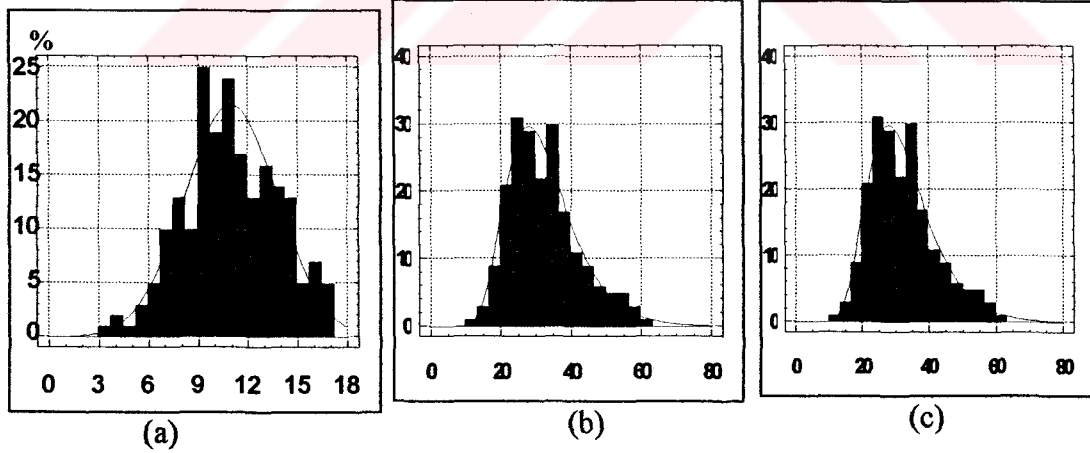


Şekil 4.17. Üst Damara İlişkin Darbe Dayanım Değerinin Dağılımı



Şekil 4.18. Üst Damara İlişkin Darbe Dayanım Değerinin Standart Sapma Dağılımı

Üst damardaki blokların kalınlıkları normal dağılım, kal/kül değerleri ile düzeltilmiş darbe dayanım değerleri (MISI) log normal dağılım göstermektedir (Şekil4.19).



Şekil 4.19. Üst damara ilişkin parametrelerin dağılımları (a) Kalınlık, (b) MISI, (c) Kal/Kül Oranı

Üst damarın kalori/kül oranının %68'i 25'in üzerinde olmasına rağmen düzeltilmiş darbe dayanım değerinin %90'ı 41in altında olup sadece %10'u satılabilir kömür özelliklerine sahiptir.

4.3.3.Alt Damar Variogram Analizi

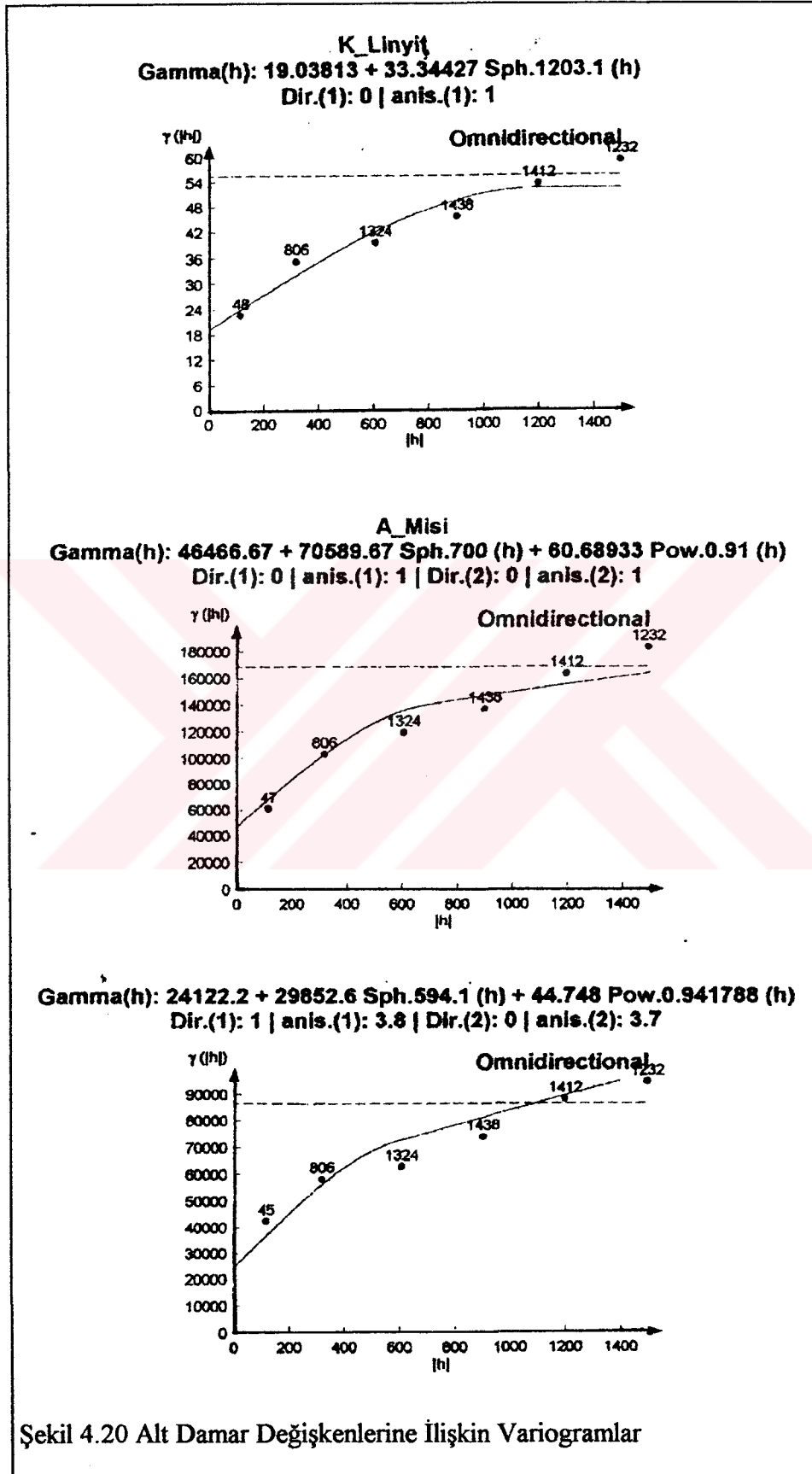
Kalınlık (k_{linyit}), kalınlık X misi (a_{misi}) ve kalınlık X kal/kül ($a_{\text{kalkül}}$) değişkenlerinin ortalama deneysel variogramları hesaplanmış ve uyarlanan modellerle birlikte Şekil 4.20’de verilmiştir.

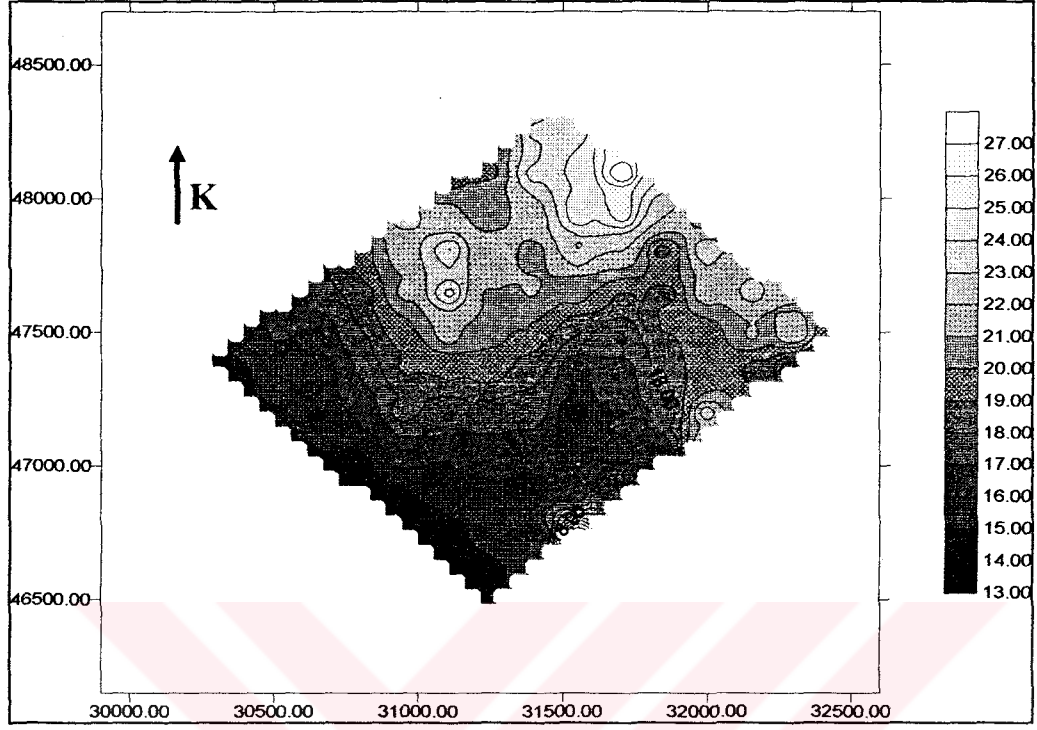
4.3.4.Alt Damara İlişkin Kalite ve Rezerv Kestirimi

Alt damarı kesen 88 adet karotlu sondaja ilişkin veriler Deutsch ve Journel (1992) tarafından geliştirilen “Geostatistical Software Library (GSLIB)” adlı yazılım kullanılarak kalınlık, kalori/kül ve düzeltilmiş darbe dayanım değerlerinin (MISI) yatak içerisindeki miktarları ve dağılımları kestirilmiştir. Alt damar 150x150 m² boyutlarında 242 adet panoya bölünmüş ve GSLIB içerisindeki “Sasim” adlı yazılım kullanılarak her bir pano için kalınlık, kal/kül (Ek 4.6) ve MISI (Ek 4.7) parametrelerine ilişkin 50 ayrı model oluşturulmuştur. Sonra her panonun ortalama kalınlık, kal/kül ve MISI değerlerinin ortalaması ve varyansı hesaplanarak sonuçları (Ek 4.8)’de ve kısa istatistikleri Çizelge 4.7’de verilmiştir. Blokların ortalama kalınlık haritası Şekil 4.21’de, kal/kül parametresinin ortalama blok değerleri ve standart sapma haritaları Şekil 4.22 ve Şekil 4.23’de ve MISI parametresinin ortalama blok değerleri ve standart sapma haritaları ise Şekil 4.24 ve Şekil 4.25’de verilmiştir.

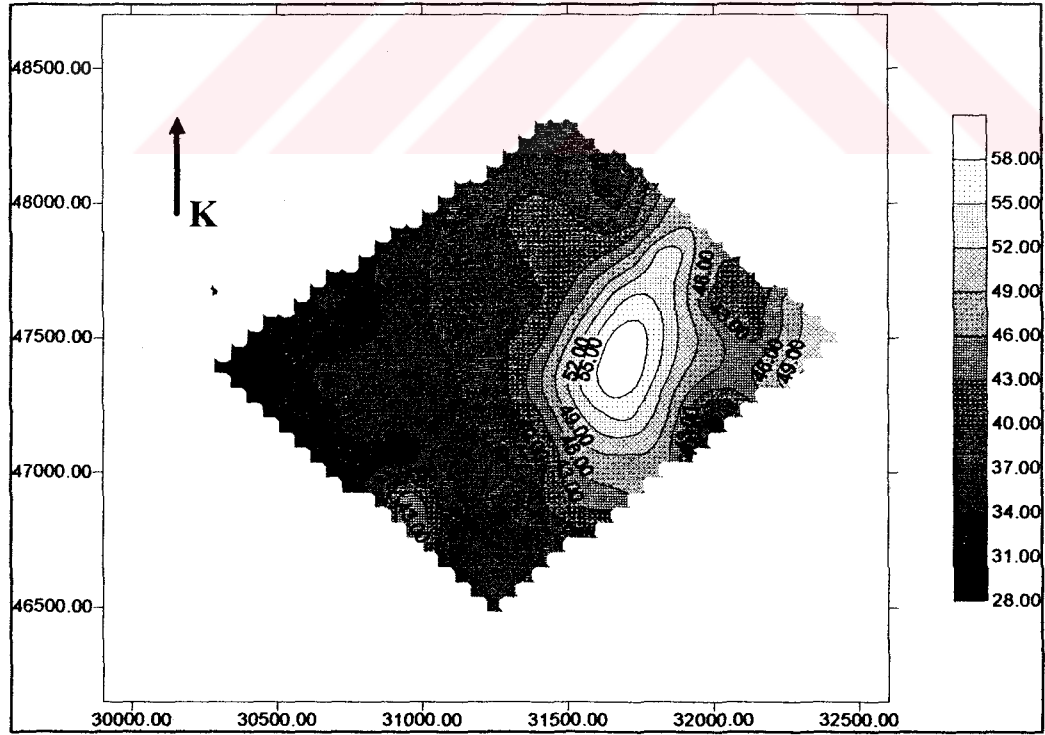
Çizelge 4.7. Alt Damardaki Blokların Şartlı Modelleme Yöntemi ile Üretilen Ortalama ve Standart Sapma Değerlerine İlişkin İstatistikler

	Kalınlık(m)	Rezerv(m ³)	Kal/Kül	Std.Sapma	MISI	Std.Sapma
min	5.91	133042	26	1.42	43	1.63
maks.	34.34	772695	63	7.3	69	6.8
ortalama	19.13	430529	38	3.8	52.5	3.6
std.sapma	5.47	123125	7.8	1.13	5.27	0.91

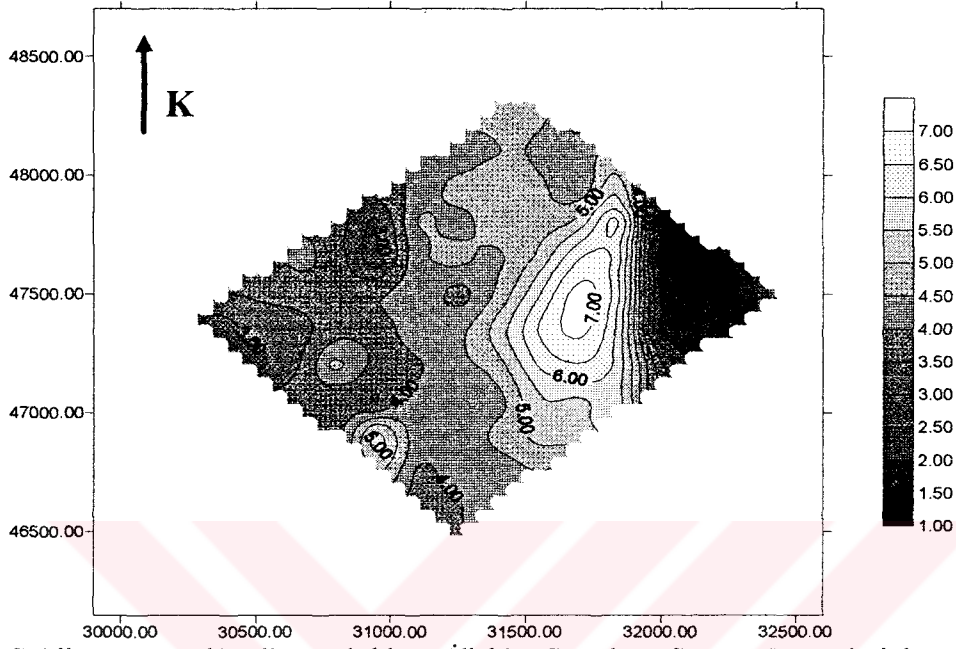




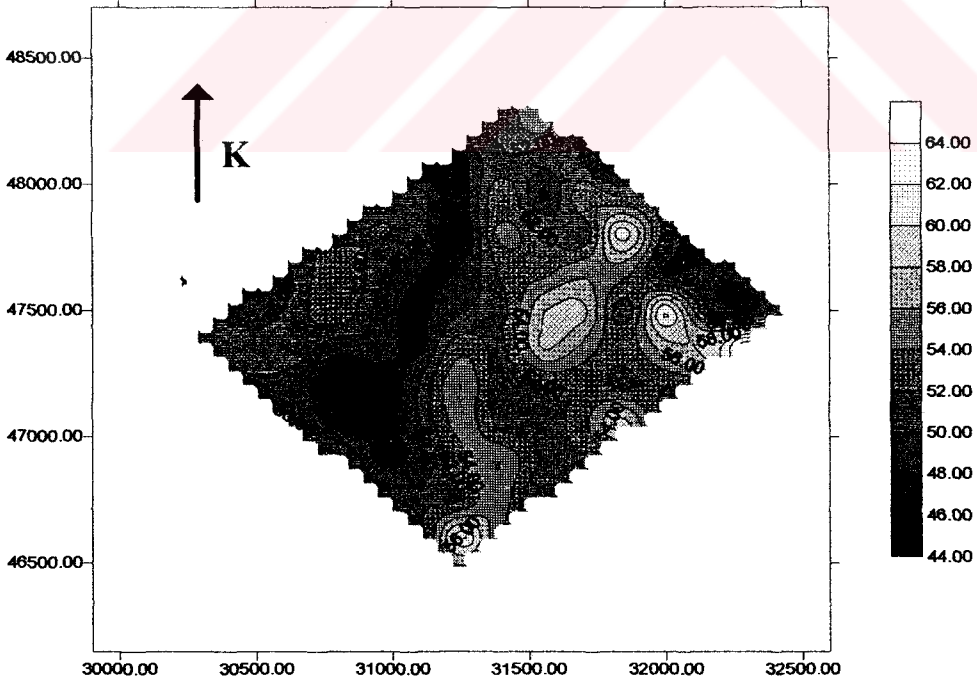
Şekil 4.21. Alt Damar Kalınlık Haritası



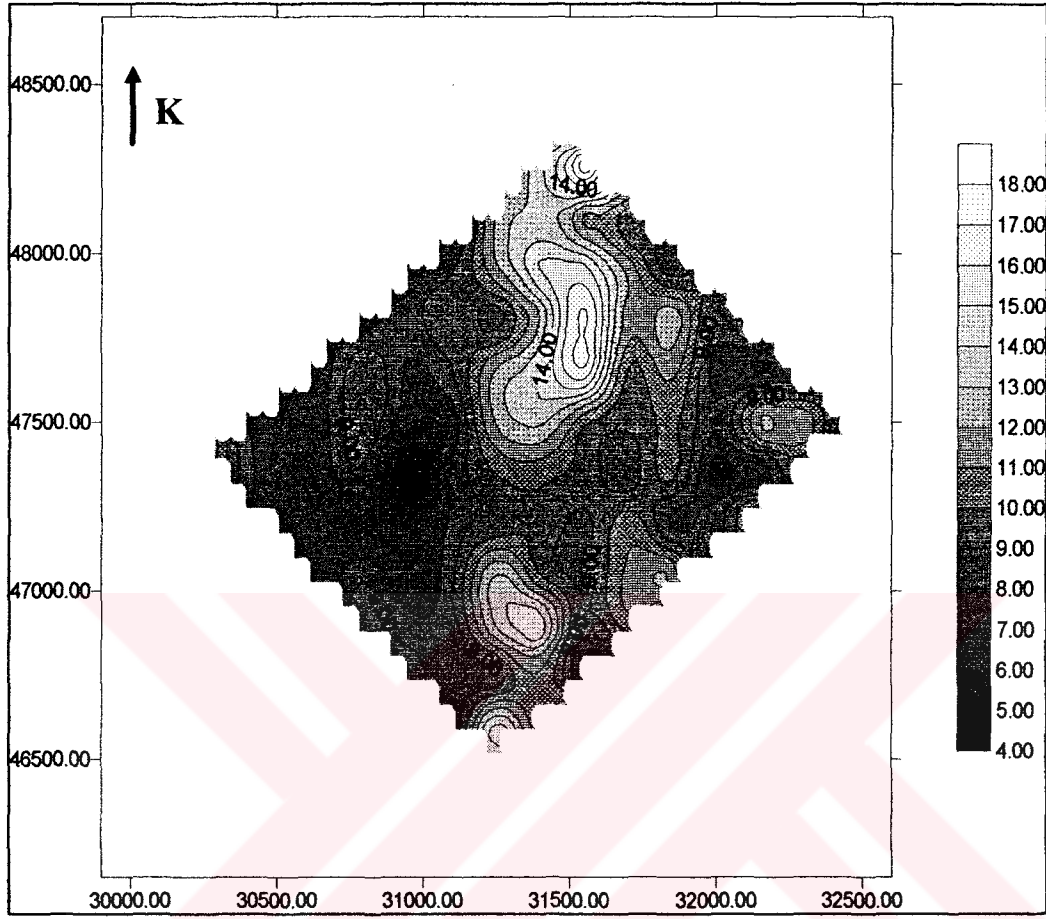
Şekil 4.22. Alt Damar Kalori/Kül Dağılımı



Şekil 4.23. Kal/Kül'ün Bloklara İlişkin Standart Sapma Değerlerinin Dağılım Haritası



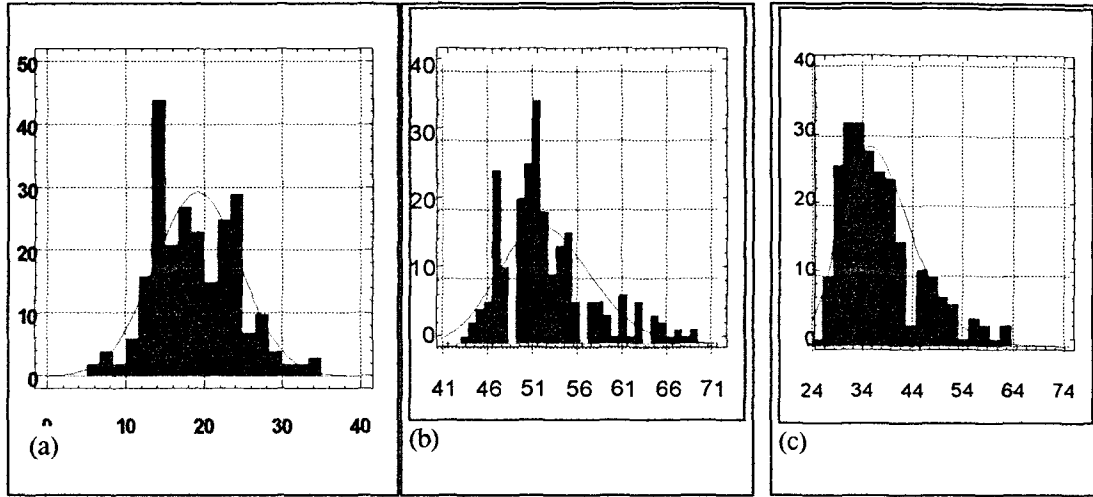
Şekil 4.24. Alt Damara İlişkin Darbe Dayanım Değerinin Dağılım Haritası



Şekil 4.25. Alt Damara İlişkin Darbe Dayanım Değerinin Standart Sapma Dağılımı

Alt damardaki blokların kalınlıkları normal dağılım, kalori / kül değerleri ile düzeltilmiş darbe dayanım değerleri (MISI) log normal dağılım göstermektedir (Şekil 4.26). Alt damarın kalori/kül oranının %68'inin değeri 25'in üzerinde olmasına rağmen düzeltilmiş darbe dayanım değerinin %70'i 49'un üstünde olup sadece %30'u satılabilir kömür özelliklerine sahiptir.

Alt damarda yer alan linyitlerin üst damara oranla ısı değerleri yüksek ve kül oranları daha düşük olmasına karşın büyük bir kısmının düzeltilmiş darbe dayanım değerlerinin yüksek olması nedeni ile düzeltilmiş darbe dayanım değeri küçük olan linyitler ile birlikte harmanlanması gerekmektedir.



Şekil 4.26. Alt damara ilişkin parametrelerin dağılımları (a) Kalınlık, (b) MISI, (c) Kal/Kül Oranı

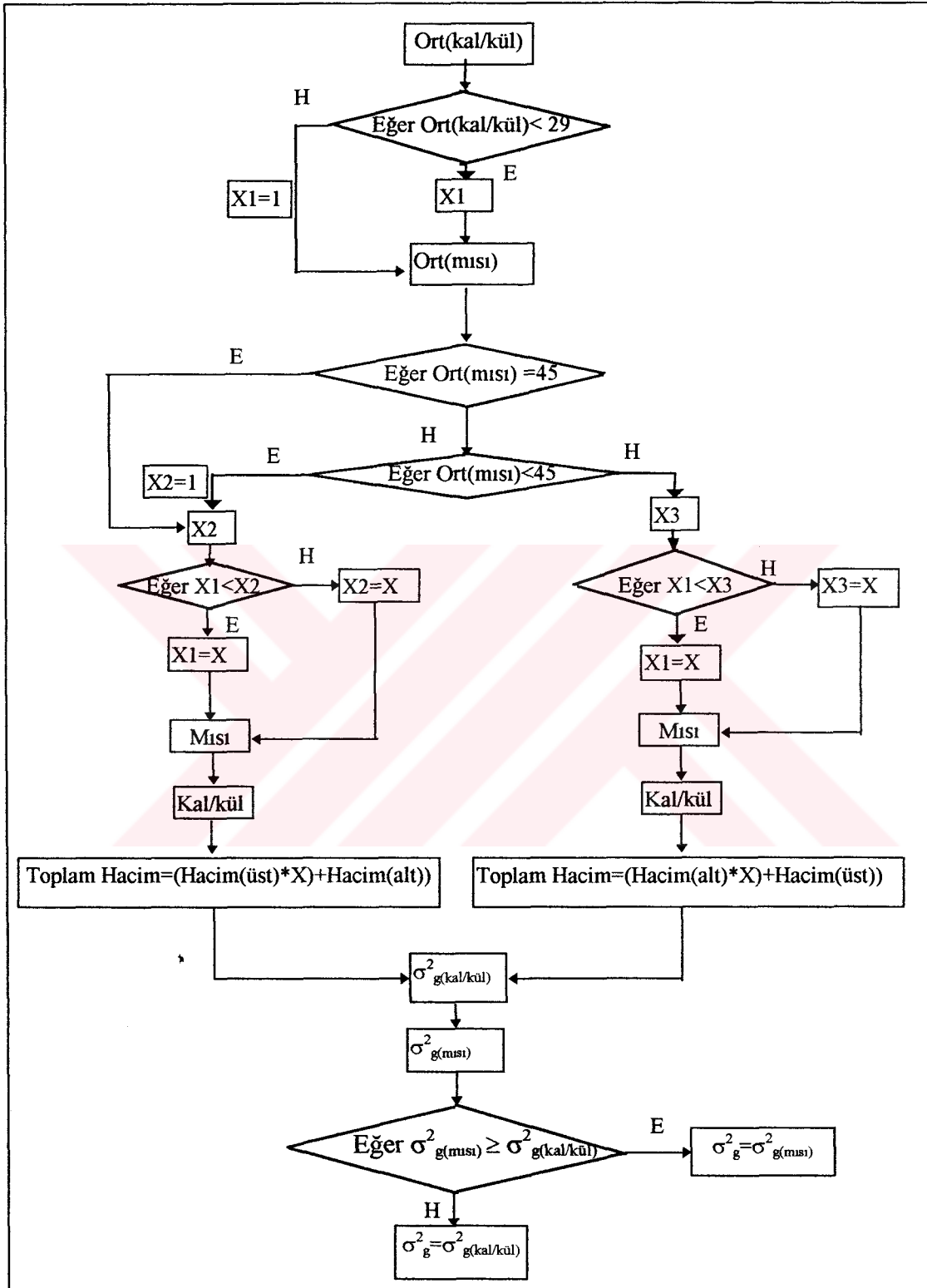
4.4. Stoklama ve Harmanlama Modeli

Satılabilir linyitlerin kalitesini belirleyen parametrelerin günlük ortalama değerleri ve 4 saatlik ortalamaların bir gündeki standart sapma değerleri Çizelge 4.8’de verilmiştir.

Çizelge 4.8. Satılabilir Kömür Özellikleri

	Ortalama	Standart Sapma	Min.	Mak.
Düzeltilmiş Darbe Dayanımı (MISI) (%)	45	2	41	49
Kalori / Kül Oranı	29	2	25	-

Alt ve üst damarları birlikte harmanlayabilecek ve Çizelge 4.8’deki sınır değerler içerisinde kalabilecek bir model oluşturulmuştur (Şekil 4.27). Bu modelde kullanılan kısaltmalar Çizelge 4.9’da ve değişkenler Şekil 4.28’de açıklanmıştır. Modelde alt ve üst damarlardaki büyük çoğunluğu doğrudan santral kazanlarında yakıt olarak kullanılabilecek özelliklere sahip olmayan bloklar madende oluşturulan iki ayrı kademeden üretilerek kömür stok sahasına gönderilmekte ve burada birlikte harmanlanarak satılabilir kömür özellikleri kazandırılmaktadır.



Şekil 4.27. Harmanlama Modelinin Algoritması

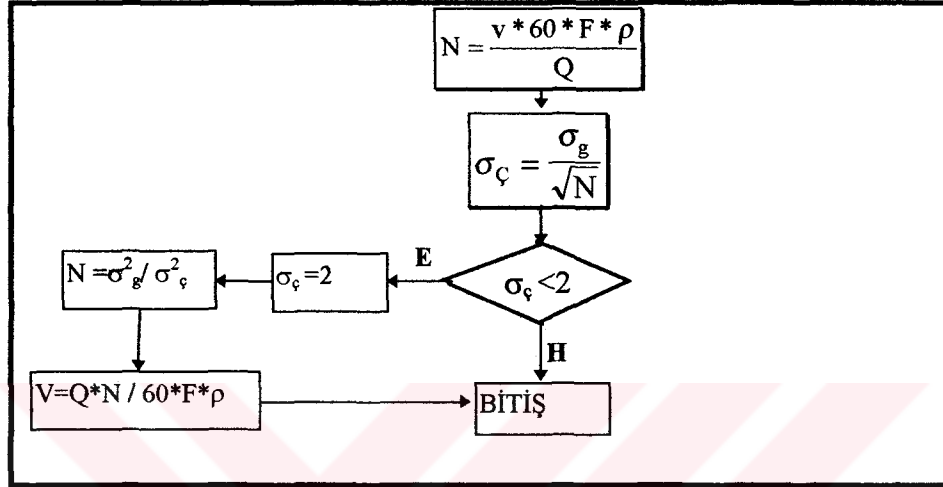
$$\begin{aligned} \text{Ort(kal / kül)} &= \frac{(\text{Üst(kal/kül)} * \text{Hacim(Üst)}) + (\text{Alt(kal/kül)} * \text{Hacim(Alt)})}{\text{Hacim(Üst)} + \text{Hacim(Alt)}} & (4.9) \\ \text{Ort(mısı)} &= \frac{(\text{Üst(mısı)} * \text{Hacim(Üst)}) + (\text{Alt(mısı)} * \text{Hacim(Alt)})}{\text{Hacim(Üst)} + \text{Hacim(Alt)}} & (4.10) \\ X1 &= \frac{(\text{Alt(kal/kül)} * \text{Hacim(Alt)}) + (29 * \text{Hacim(Alt)})}{(29 * \text{Hacim(Üst)}) - (\text{Üst(kal/kül)} * \text{Hacim(Üst)})} & (4.11) \\ X2 &= \frac{(\text{Alt(mısı)} * \text{Hacim(Alt)}) + (45 * \text{Hacim(Alt)})}{(45 * \text{Hacim(Üst)}) - (\text{Üst(mısı)} * \text{Hacim(Üst)})} & (4.12) \\ (mısı) &= \frac{(\text{Üst(mısı)} * (\text{Hacim(Üst)} * X) + (\text{Alt(mısı)} * \text{Hacim(Alt)}))}{(\text{Hacim(Üst)} * X) + \text{Hacim(Alt)}} \quad (\text{Ort(mısı)} < 45 \text{ ise}) & (4.13) \\ (kal / kül) &= \frac{(\text{Üst(kal / kül)} * (\text{Hacim(Üst)} * X) - (\text{Alt(kal / kül)} * \text{Hacim(Alt)}))}{(\text{Hacim(Üst)} * X) + \text{Hacim(Alt)}} \quad (\text{Ort(mısı)} < 45 \text{ ise}) & (4.13) \\ X3 &= \frac{(\text{Üst(mısı)} * \text{Hacim(Üst)} - (45 * \text{Hacim(Üst)}))}{(45 * \text{Hacim(Alt)} - (\text{Alt(mısı)} * \text{Hacim(Alt)}))} & (4.14) \\ (mısı) &= \frac{(\text{Alt(mısı)} * (\text{Hacim(Alt)} * X) - (\text{Üst(mısı)} * \text{Hacim(Üst)}))}{(\text{Hacim(Alt)} * X) + \text{Hacim(Üst)}} \quad (\text{Ort(mısı)} > 45 \text{ ise}) & (4.15) \\ (kal / kül) &= \frac{(\text{Alt(kal / kül)} * (\text{Hacim(Alt)} * X) - (\text{Üst(kal / kül)} * \text{Hacim(Üst)}))}{(\text{Hacim(Alt)} * X) + \text{Hacim(Üst)}} \quad (\text{Ort(mısı)} > 45 \text{ ise}) & (4.16) \\ \sigma_{g(kal/kül)}^2 &= \frac{1}{100} \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^{50} ((kal / kül) - (kal / kül_{ij}))^2 & (4.17) \\ \sigma_{g(mısı)}^2 &= \frac{1}{100} \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^{50} ((mısı) - (mısı_{ij}))^2 & (4.18) \end{aligned}$$

Şekil 4.28. Harmanlama Modelinde Kullanılan Değişkenler

Çizelge 4.9. Harmanlama Modelinde Kullanılan Kısaltmalar

Kısaltma	Açıklaması
Ort(kal/kül)	Üst ve alt damarlardan aynı anda üretilen iki bloğun kal/kül değerlerinin ağırlıklı ortalaması
Ort (mısı)	Üst ve alt damarlardan aynı anda üretilen iki bloğun mısı değerlerinin ağırlıklı ortalaması
X1	Üst damar blokundan kal/kül parametresine göre üretilebilecek linyit miktarını belirleyen oran
X2	Üst damar blokundan mısı parametresine göre üretilebilecek linyit miktarını belirleyen oran
X3	Alt damar blokundan mısı parametresine göre üretilebilecek linyit miktarını belirleyen oran
Toplam Hacim	Alt ve üst damarlardan aynı anda sınır değerlere göre üretilebilen linyit miktarı.
$\sigma_{g(kal/kül)}^2$	Üst ve alt damarlardan aynı anda üretilen iki bloğun kal/kül değerlerinin varyansı
$\sigma_{g(mısı)}^2$	Üst ve alt damarlardan aynı anda üretilen iki bloğun mısı değerlerinin varyansı.
σ_g^2	Üst ve alt damarlardan üretilerek stok sahasına gönderilen linyitlerin varyansı

Stok sahasına gönderilen linyitlerin kal/kül ve mısı parametrelerinin varyansını düşürebilmek için bir homojenizasyon modeli geliştirilmiştir (Şekil 4.29). Model hazırlanırken Afşin-Elbistan termik santralinde halen kurulu bulunan stok sahası ekipmanlarının parametreleri kullanılmıştır. Modelde kullanılan kısaltmalara ilişkin açıklamalar Çizelge 4.10'da yapılmıştır.

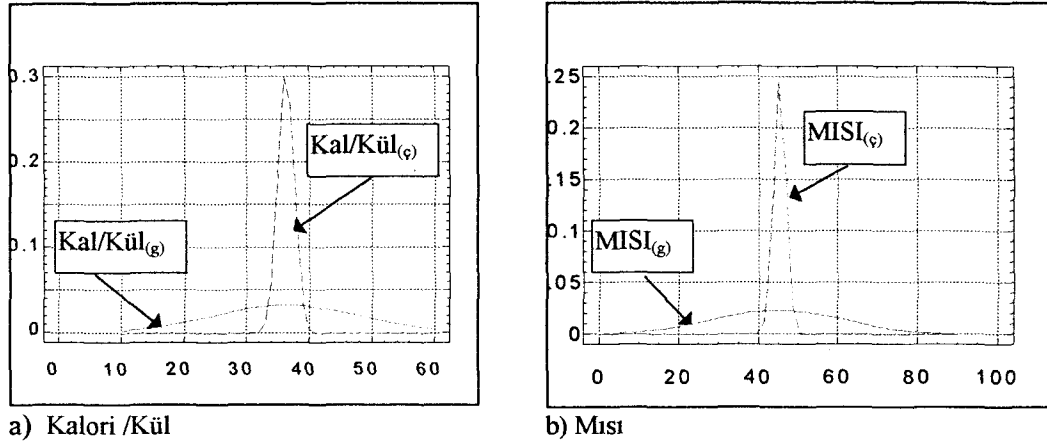


Şekil 4.29 Kömür Homojenizasyon Modeli

Çizelge 4.10. Homojenizasyon Modelinde Kullanılan Sembollerin Anlamları

Sembol	Açıklama
N (adet)	Katman sayısı
V (m/dakika)	Dökücü makinanın hızı
F (m ²)	Stok yığınının kesit alanı
Q (ton/saat)	Dökücü makinanın kapasitesi
σ _ç	Stoktan termik santrale gönderilen linyitin kalitesindeki sapma
ρ (ton/m ³)	Linyitin yığın yoğunluğu

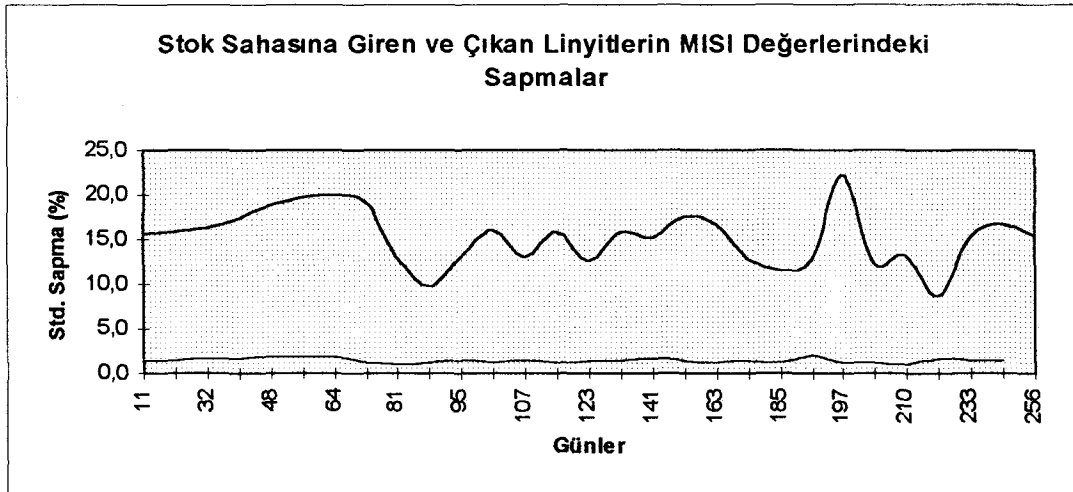
Şartlı modelleme yöntemi ile üst ve alt damar için üretilen blok değerleri, harmanlama ve homojenleştirme algoritmasına uygun olarak Microsoft Excel'de hazırlanan bir yazılım ile üretilmiş ve homojenleştirilerek varyansı düşürülmüştür. Bu yazılımdan üretilen sonuçlar toplu olarak (Ek 4.9'da) kısa istatistik analiz sonuçları da Çizelge 4.11'de verilmiştir. Şekil 4.30'da ise kal/kül ve düzeltilmiş darbe dayanım değerlerinin homojenizasyon işleminden önceki ve sonraki histogramları verilmiştir.



Şekil 4.30. Kömür Kalitesine İlişkin Parametrelerin Homojenizasyon İşleminin Önceki ve Sonraki Dağılımlarının Karşılaştırılması

Çizelge 4.11. Homojenleştirme Model Sonuçlarının Kısa İstatistikleri

	Ortalama	Min.	Maks.	Std. Sapma
Kal/Kül	36,3	25,0	57,9	6,2
$\sigma_{kal/kül(g)}$	14,5	7,4	34,8	5,1
MISI	44,3	41,0	49,0	3,3
$\sigma_{mısı(g)}$	15,2	6,2	23,2	3,1
Katman Sayısı (n)	66,1	24,0	91	21,3
Hız	26,7	9,0	40,0	8,7
$\sigma_{kal/kül(ç)}$	1,8	0,3	3,6	0,5
$\sigma_{mısı(ç)}$	1,4	0,2	1,8	0,4



Şekil 4.31. Stok Sahasına Giren ve Çıkan Linyitlerin MISI Değerlerindeki Sapmalar

4.5.Bulunan Sonuçların Daha Önce Yapılan Çalışmalarla Karşılaştırılması

4.5.1.Satılabilir Kömürün Özellikleri

Afşin-Elbistan termik santrali ile maden işletmesi arasında yapılan protokolde yakıt olarak kullanılacak linyitlerin kalitesi belirlenirken kömürlerin orijinal bazdaki kısa analiz sonuçları ile küldeki CaO oranı dikkate alınmıştır. Kısa analiz değerleri kazandaki yanma olayını kontrol altına almak için kullanılırken, küldeki CaO oranı ile kazan kirliliği önlenmeye çalışılmaktadır.

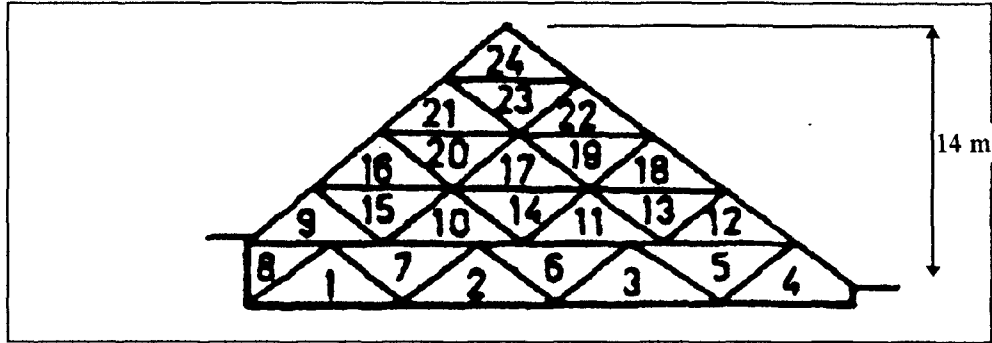
Çalışma kapsamında önerilen ve linyitin orijinal ısı değeri kuru bazdaki kül oranına bölünmesi ile elde edilen kalori/kül oranı, kömürün ısı değeri ile kazandan atılacak kül miktarını birlikte kontrol etmektedir. Düzeltilmiş Darbe Dayanım Değeri (MISI) ise değirmenlerden çıkarak kazana gönderilen linyitlerin parça boyut dağılımını kontrol etmek amacı ile düşünülmüştür. Çizelge 4.12’de termik santral tarafından halen kullanılmakta olan ve çalışma kapsamında önerilen satılabilir kömür kalitesine ilişkin parametrelerin ortalamaları ve standart sapmaları verilmektedir.

Çizelge 4.12. Termik Santralda Yakıt Olarak Kullanılacak Linyitlerin Kalitesini Belirleyen Mevcut Ve Önerilen Parametrelerin Karşılaştırılması

Orijinal Bazda	Mevcut Parametreler				Önerilenler	
	Isıl Değer (kcal/kg)	Kül Oranı (%)	Nem Oranı (%)	CaO Oranı (%)	Kal/Kül Oranı	Düzeltilmiş Darbe Dayanımı (%)
Ortalama	1050	20	57	30	58	45
Minimum	950	8	50	20	50	41
Maksimum	1350	23	64	40	116	49
Std. Sapma	-	-	-	-	2	2

4.5.2.Uygulanan ve Önerilen Harmanlama Modelleri

Termik santralda halen üretilen linyitlerin varyansını düşürmek amacı ile Windrow stoklama yöntemi uygulanmaktadır (Ural ve Onur, 1995). Şekil 4.32’de görüldüğü gibi 24 ayrı hücrenin oluşturduğu yığın, 6 katman halinde dökülmektedir. Bu durumda stok sahasına yığılacak olan linyitlerin kalitesine ilişkin parametrelerin varyansı ($\sigma^2_{(g)}$) sadece 6 defa düşürülebilir.



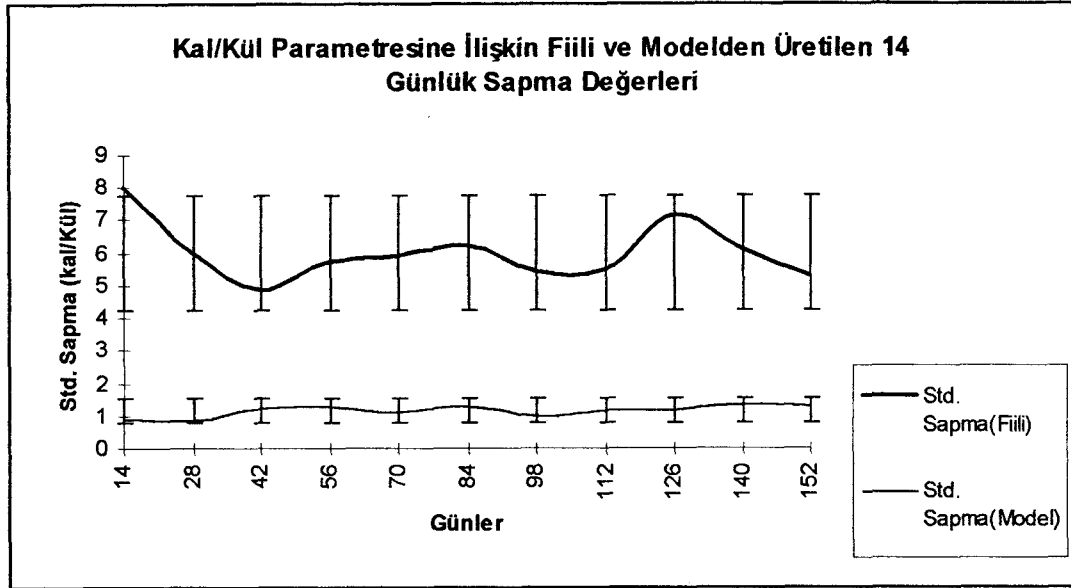
Şekil 4.32. Afşin-Elbistan Linyit İşletmesinde Uygulanmakta Olan Stoklama Yöntemi

Çalışma kapsamında önerilen Chevron harmanlama modelinde ise mevcut stok sahası makine ve ekipmanı ile 91 adet katman oluşturularak varyans($\sigma^2_{(g)}$) 91 kez düşürülebilmektedir. Termik santralda örnekleme için birim ünite olarak 4 saatlik akışın ortalama değeri alınmaktadır. Santral vardiya kayıtlarından 4 saatlik numunelerin 1, 14 ve 152 gün içerisindeki ortalama standart sapma değerleri hesaplanmıştır (Çizelge 4.13).

Çizelge 4.13. Dört Saatlik Numunelerin Değişik Zaman Dilimlerindeki Standart Sapma Değerleri

Birim Örnekleme Süresi / Zaman Dilimi	Standart Sapma (Kal/Kül)
4 saat / 1 gün	8.28
4 saat / 14 gün	12.72
4 saat / 152 gün	13.5
1 gün / 14 gün	8.26
1 gün / 152 gün	10.04
14 gün / 152 gün	5.95

Stok sahasının kapasitesi santralin 14 günlük yakıt ihtiyacını karşılayabilmektedir. Modelleme çalışmasında da birim ünite olarak stok sahasının kapasitesi alınmış ve fiili olarak 5.95 civarında gerçekleşen sapma 2'ye indirilmiştir. Şekil 4.33'de kal/kül parametresi için 14 günlük ortalamaların 152 gün içerisindeki fiili ve geliştirilen modele göre olması gereken standart sapma değerleri karşılaştırılmıştır.



Şekil 4.33. Kal / Köl Parametresinin 14 Günlük Ortalamalarının 152 Günlr İçerisindeki Fiili Ve Geliştirilen Modele Göre Olması Gereken Standart Sapma Değerleri

4.5.3. Önerilen Yeni Parametrelere Göre Üretilabilir Rezerv Miktarı

Kışlaköy açık işletmesinin çalışmaya konu edilen bölgesinde daha önce Rheinbraun Consulting (1976) tarafından yapılan çalışmada, üretilebilir linyit rezervi 94 205 000 m³ olarak hesaplanmıştır. Bu çalışma kapsamında önerilen ve üretilebilir linyitin kalitesini belirleyen yeni kriterlere göre ise aynı sahadaki üretilebilir rezerv %18.65 oranında azalarak 76 634 000 m³'e düşmüştür.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Santralda yakıt olarak kullanılan linyitlerin kalitesinden kaynaklanan üretim kayıpları olduğu görülmüştür. Satılabilir linyitlerin kalitesini belirleyen mevcut parametreler verimli bir santral işletmeciliği için yeterli değildir.

Maden yatağında hem linyitik hem de bitümik tip küller mevcuttur. Linyitik tip kül içeren linyit tabakaları maden yatağının üst kısımlarında yer almaktadır. Bitümik tip kül içeren linyit tabakaları ise maden yatağının orta ve alt kısımlarında bulunur. Bu nedenle maden yatağı, kazan kirletme özelliklerine bağlı olarak, alt damar ve üst damar olmak üzere iki kısma ayrılmış ve ayrı modellenmiştir. Maden planlaması da buna göre yapılarak her damar için ayrı bir açık işletme kademesi planlanmıştır.

Satılabilir linyitlerin kalitesine ilişkin olarak iki yeni parametre önerilmiştir. Linyitin orijinal ısı değeri kuru bazdaki kül oranına bölünmesi ile elde edilen kalori/kül oranı, kömürün ısı değeri ile kazandan atılacak kül miktarını birlikte kontrol etmektedir. Düzeltilmiş Darbe Dayanım Değeri (MISI) ise değirmenlerden çıkarak kazana gönderilen linyitlerin parça boyut dağılımını kontrol etmek amacı ile düşünülmüştür. Satılabilir linyitlerin kal/kül oranı en az 50 (orijinal bazda ısı değeri yine orijinal bazdaki kül oranına olan orantısı) olmalı ve on dört günlük üretimin standart sapması %2'yi geçmemelidir.

Düzeltilmiş darbe dayanım değeri üst damarda ortalama % 32.35 ve standart sapması ise % 12.7 iken alt damarda ortalama % 52.5 ve standart sapması % 3.6 'dır. Alt ve üst damarlardaki blokların büyük bir kısmı tek başlarına satılabilir linyit özellikleri göstermemektedirler ve birlikte harmanlanmaları gerekir.

Tesiste halen bulunmakta olan kömür stok sahasının makine ve ekipmanları kalitedeki sapmaları istenilen seviyeye getirebilecek özelliklere sahiptir. Ancak halen uygulanmakta olan harmanlama ve homojenleştirme modelleri ile kalite kontrolünün tam olarak sağlanması mümkün değildir. Chevron stoklama yöntemi kullanılarak harmanlama verimini 91' e kadar çıkarmak mümkündür. Çalışma kapsamında önerilen harmanlama ve homojenleştirme modelleri ile ortalama darbe dayanım değeri %45'e ve standart sapması da %2'ye düşürülmüştür.

KAYNAKLAR

- BEAVEN, C., H., J., 1980. How Many Measurements? Proc. Powder Europa, Weisbaden, (1), 1-25.
- BERGSTROM, B., H., 1965. Crushing Of Single Brittle Particles. Proc. 1st. Tewksbury Symposium, Publ. University Melbourne, Australia, 329-343.
- BİLGİN, N., ve SHAHRIAR, K., 1986. Kayaçların ve Kömür Damarlarının Bazı Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesinde Kullanılan Dolaylı Yöntemlerin Değerlendirilmesi, 1. Ulusal Kaya Mekaniği Sempozyumu, Ankara, 127-137.
- BOND, F., C., 1961. Crushing and Grinding Calculations. Bulletin 07R9235B, Allis-Charmers.
- CRAWFORD, J., T., ve HUSTRULID, W., A., 1979. Drill Hole Interpolation. Open Pit Mine Planning And Design, 53-64.
- DAVID, M., 1977. OREBODY Modelling. Geoistatistikal Ore Reserve Estimation, Elsevier Scientific Publishing Company, New York, 322-329.
- DEUTSCH, C., V., ve JOURNEL, A., G., 1992. Geostatistical Software Library and User's Guide, Oxford University Press.
- DEUTSCH BABCOCK, 1975. Afşin Elbistan Integrated Project Wearing Guarantee For Pulverizers (yayınlanmamış).
- DEVLET METEOROLOJİ İŞLERİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ, 1990. Rasat Kayıtları, Ankara (yayınlanmamış).
- DOĞAN, M., Z., HOŞTEN, Ç., ve BAŞOL, A., 1984. Kömür Rutubetinin Türkiye'deki Bazı Linyitlerin Öğütülebilirliklerine Etkisi, Türkiye 4. Kömür Kongresi, 251-259
- DUNNINGHAM, A., C., 1952. Ash And Boiler Efficiency. Journal Of The Institute Of Fuel, 235-240.
- DUZY, A., F., and PACER, D., W., 1982. How Coal Quality Affects Boiler Design. Coal Mining And Processing, 72-78.
- DÜNYA BANKASI, 1993. Elbistan Projesi Performans Raporu, Rapor No: 12069 çeviri (yayınlanmamış).
- ESİN, J., 1994. Linyite Dayalı Santrallerde Enerji Üretimi Ve Çevre. 2000'li Yıllara Doğru Linyit Sektörümüz Sempozyumu, Ankara.

- ETKB, 1982. TKİ ile TEK Arasında Afşin Elbistan Termik Santrali İçin Yapılan Kömür Satış Protokolü (yayınlanmamış).
- ETKB, 1992. TKİ ile TEK Arasında Afşin Elbistan Termik Santrali İçin Yapılan Kömür Satış Protokolü (yayınlanmamış).
- EVANS, I., ve POMEROY, C., D., 1966. The Strength Fracture And Workability Of Coal, Pergamon Press. 277.
- FISCHER, H., 1978. The Elbistan Power Station Ash Handling System In Turkey. Braunkohle, Düsseldorf, E11, E75-E80.
- HOLMES, J., A., 1957. Trans. Inst. Chem. Eng.,35, 125.
- IEA, 1985. Coal Quality And Ash Characteristics, A Study By The IEA Coal Industry Advisory Board, Paris.
- JOURNEL, A., G., and HUIJBREGTS, Ch., J., 1991. Structural Analysis. Mining Geostatistics, Akademik Press, London, 148-195.
- KUMAR, R., et URAL, S., 1998. Evaluation De La Qualite Du Lignite d'Afşin Elbistan En Relation Avec Les Besoins De La Centrale Thermique Et Optimisation Des Opérations Minières. Memoire Pour Obtenir Le Diplome De La Formation Spécialisée Exploitation A Ciel Ouvert, Ecole Des Mines De Paris (yayınlanmamış).
- KÜÇÜKBAYRAK, S., KADIOĞLU, E., ve KEMAL, M., 1991. Kömürün Fiziksel Ve Diğer Bazı Özellikleri (O. KURAL editör). Kömür, Güven Matbaası, İstanbul, 75-102.
- LOWRISON, G., C., 1973. The Energy Consumed in The Comminution Process. Crushing And Grinding, 49-66.
- MERİÇBOYU, A., E., BEKER, Ü., G., ve KÜÇÜKBAYRAK, S., 1998. Kömürün Kullanımını Belirleyen Önemli Özellikleri (O. KURAL editör). Kömürün Özellikleri ve Çevre İlişkisi, Özgün Ofset Matbaacılık A.Ş., İstanbul, 149-163.
- MERİÇBOYU, A., E., TAPTIK, Y., KÜÇÜKBAYRAK, S., ve KADIOĞLU, E., 1990. Kömürlerin Kazan Kirletme ve Curuf Oluşturma Özellikleri, Türkiye 5. Enerji Kongresi, 43-57.
- OKUDA, S., and CHOI, W., S., 1980. Grinding Characteristics Of Polymeric Materials By Target Type Fluid - Energy Mill, Europ. Symp. Particle Technology, Amsterdam, 171-183.
- ONUR, A., H., 1997. Kayaçların Elastik Davranışlarının Kısa Yollarla Hesaplanması Olanaklarının Araştırılması, Ç., Ü., Araştırma Fonu, Proje No: MMF-97-4, Adana.

- OTTO-GOLD, 1969. Lignite Deposit Afşin Elbistan Feasibility Report, 2,19-28.
- ÖZPEKER, I., 1986. Kömürün Yapısı, İTÜ Rektörlüğü Yer Bilimleri Yeraltı Kaynakları Uygulama Araştırma Merkezi, İstanbul.
- ÖZPEKER, I., 1991. Kömürün Oluşumu Petrografisi Ve Sınıflandırılması (O. KURAL Editör). Kömür, Güven Matbaası, İstanbul, 8-74.
- POOL, R., W., and FARMER, I., W., 1978. Geotechnical Factors Affecting Tunnelling Machine Performance In Coal Measure Rock. Tunnels And Tunneling, 27-30.
- RAASK, E., 1985. Mineral Impurities In Coal Combustion, Hemisphere Publishing Corporation, Washington.
- RHEINBRAUN CONSULTING, 1976. Quality And Quantity Calculations For Kışlaköy Open Cast Mine , Cologne (yayınlanmamış).
- SANYAL, A., 1983. The Role Of Coal Macerals In Combustion. Journal Of The Institute Of Energy, 92-94.
- SCHOFIELD, C., G., 1980. Review Of Stockpile Raw Material Stacking And Reclamation Methods. Homogenisation-Blending Systems Design And Control For Mineral Processing, 49-73.
- SOCIETE DE L'INDUSTRIE MINERALE, 1996. Broyage. Mines et Carrières, Paris, 15-33.
- TEAŞ, 1998. Afşin Elbistan Termik Santrali Ağustos 1998 Vardiya Özet Raporu, Elbistan (yayınlanmamış).
- TEK, 1990. Afşin Elbistan Termik Santralının 2. Kazanında Yapılan Özel Testler, Elbistan (yayınlanmamış).
- TEK, 1993. Afşin Elbistan Termik Santrali Brifing Raporu, Elbistan (yayınlanmamış).
- TEK, 1993. Afşin Elbistan Termik Santrali Öğütme ve Yakma Çevriminin Çalışma Prensipleri, Ankara (yayınlanmamış).
- TKİ/AEL, 1995. 1994 Yılı Faaliyet Raporu, Ankara (yayınlanmamış).
- TKİ/AEL, 1995. Maden Makineleri Çalıştırma Talimatnamesi (yayınlanmamış).

URAL, S., ANIL, M., ONUR, A., H., BAYAT, O., ve YILDIRIM, M., 1998. Kömür Üretiminde Kalite Kontrolü (O. KURAL Editör). Kömür Özellikleri Ve Çevre İlişkisi, Özgün Ofset Matbaacılık A.Ş., İstanbul, 669-685.

URAL, S., and ONUR, A., H., 1998. Applications of Continuous Surface Mining Technology in Afşin Elbistan Lignite Basin. Transaction of the Institution of Mining and Metallurgy, 107, A48-A50.

URAL, S., ONUR, A., H., and ANIL, M., 1995. Coal Quality Control In Afşin Elbistan Lignite Deposit. 4. International Continuous Surface Mining Symposium, Aachen, V23-V25.

ÜNAL, A., ve TURHAN, H., 1992. Rezerv Modelleme Yöntemlerinin Karşılaştırılması, TÜBİTAK Proje No: MAG 987 YBAG 0028, Ankara.

VAN LEYEN, H., 1977. Criteria For The Selection Of Stacking And Reclaiming Of Bulk Materials, 23-40.

YAMANE, T., 1963. Mathematics for economists, Prentice-Hall Inc., New Jersey.

ÖZGEÇMİŞ

1959 Yılında Antakya'da doğdu. Eskişehir Devlet Mühendislik ve Mimarlık Akademisi Maden Fakültesi'ni 1980 yılında tamamladı ve aynı yıl Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu'na bağlı olarak faaliyet gösteren Afşin-Elbistan Linyitleri Müessese Müdürlüğü'nde ocak mühendisi olarak göreve başladı. 1984 yılında aynı işletmede Etüt-Proje Baş Mühendisliği görevine atandı ve bu görevi 1995 yılına kadar sürdürdü. Bu dönem içerisinde Döner Kepçeli Ekskavatör - Bant Konveyör - Dökücü açık işletme tekniği ile maden planlaması, ana maden makinelerinin modifikasyonu ve kömür üretiminde kalite kontrolü - termik santral ile ilişkisi gibi konularda çalıştı ve çalışma sonuçlarını değişik dergi ve sempozyumlarda sundu. 1994 yılında Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Mühendisliği Ana Bilim Dalında doktora öğrenimine başladı. 1997/1998 yıllarında Ecole des Mines de Paris Üniversitesinde açık işletme planlaması konulu bir programa katıldı. 1995 yılından bu yana Ç.Ü. Mühendislik Mimarlık Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü'nde Öğretim Görevlisi olarak görev yapmaktadır.

EKLER



Ek-3.1 806 Numaralı Sondaja İlişkin Analiz Sonuçları (Otto-Gold, 1969)

Derinlik (m)	Isıl Değer (Kcal/kg)	Kuru Kül (%)	SiO ₂ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	Al ₂ O ₃ +TiO ₂ (%)	CaO (%)	MgO (%)	MnO (%)	SO ₂ (%)	P ₂ O ₅ (%)	Na ₂ O (%)	K ₂ O (%)	Sinterleşme C	Ergime C	Baz/Asit (%)
54	258	48,09	4,27	0,94	1,93	66,25	1,10	0,02	3,98	0,06	0,07	0,06	1130	1470	26,40
66	601	45,52	3,20	0,93	1,32	65,20	1,18	0,02	6,12	0,08	0,07	0,07	1100	1460	38,46
68	201	48,11	2,64	0,53	1,32	68,10	0,93	0,01	3,35	0,10	0,05	0,05	1000	1430	42,67
60	210	49,38	2,38	0,48	1,24	68,47	0,82	0,01	3,11	0,06	0,05	0,05	1030	1470	46,87
62	170	50,50	2,49	0,53	1,37	68,42	0,98	0,01	2,68	0,09	0,07	0,06	1080	1470	44,32
64	236	47,89	2,80	0,56	1,64	67,80	0,95	0,01	3,30	0,11	0,05	0,05	1030	1460	38,24
66	531	39,68	4,30	0,94	2,61	64,80	1,28	0,02	6,70	0,12	0,07	0,06	1000	1470	23,86
68	267	53,09	7,08	1,22	3,23	65,50	1,18	0,02	4,06	0,08	0,10	0,10	1060	1460	16,76
71	1920	21,91	27,70	4,26	13,59	25,94	2,96	0,02	19,47	0,15	0,41	0,40	1180	1250	1,85
77	561	44,81	5,61	1,04	2,61	69,05	1,08	0,02	6,20	0,11	0,11	0,10	1100	1480	20,21
80	408	47,64	3,02	1,50	0,92	66,70	1,36	0,10	5,54	0,38	0,18	0,13	1080	1470	14,82
82	681	37,95	8,64	1,75	3,84	74,12	1,52	0,12	9,02	0,37	0,18	0,14	1050	1480	62,91
84	1064	30,42	19,26	3,51	9,56	48,30	2,50	0,15	15,38	0,44	0,20	0,18	1260	1400	4,47
86	760	40,18	7,70	2,40	3,14	73,82	1,46	0,16	10,03	0,38	0,18	0,17	1090	1450	16,30
88	832	43,45	7,01	1,92	3,01	77,26	1,46	0,14	8,49	0,33	0,17	0,16	1080	1430	19,14
90	477	45,91	9,42	2,23	3,29	75,40	1,57	0,18	6,72	0,30	0,17	0,14	1060	1435	14,66
92	998	39,71	20,40	3,51	9,74	50,49	2,04	0,20	12,21	0,45	0,21	0,18	1150	1400	4,38
94	884	41,26	12,48	3,19	6,25	61,71	1,76	0,19	12,31	0,56	0,18	0,15	1060	1420	8,46
96	1344	29,8	21,54	4,32	9,32	41,87	2,11	0,22	19,10	0,60	0,19	0,23	1210	1370	3,60
98	1211	33,04	21,10	3,98	9,51	46,68	2,18	0,21	15,20	0,52	0,20	0,26	1190	1380	4,03
100	1387	30,07	20,44	4,62	8,22	50,85	2,09	0,25	12,32	0,57	0,19	0,22	1170	1250	4,60
102	1162	34,41	23,74	6,03	11,87	37,32	2,87	0,26	17,03	0,53	0,22	0,26	1175	1220	2,97
104	1207	35,1	20,78	3,50	9,75	44,36	2,12	0,20	18,12	0,53	0,20	0,20	1190	1350	3,68
106	1008	37,97	32,36	5,58	16,36	20,20	3,24	0,16	18,76	0,58	0,22	0,27	1280	1400	1,33
108	1202	32,1	31,50	5,57	15,81	27,66	2,19	0,20	15,82	0,70	0,22	0,27	1180	1300	1,68
110	1084	40,93	43,88	9,36	18,28	12,40	2,80	0,05	11,21	0,30	0,60	0,60	990	1280	0,78
112	437	72,48	52,48	8,41	21,84	7,78	2,36	0,04	4,14	0,21	0,70	0,70	1010	1320	0,49
114	606	69,39	54,58	8,48	21,87	5,38	2,58	0,06	3,96	0,21	0,80	0,85	1020	1350	0,42
116	837	43,7	46,46	11,55	19,80	8,90	2,79	0,08	7,88	0,31	0,70	0,75	1150	1305	0,64
118	837	55,1	52,80	9,54	22,08	6,20	2,60	0,08	4,26	0,18	0,83	0,83	1080	1320	0,47
120	837	52,45	41,50	9,15	18,53	14,06	2,53	0,08	12,44	0,32	0,61	0,61	1070	1280	0,67
122	837	44,15	49,20	9,23	21,13	8,70	2,78	0,07	5,93	0,36	0,75	0,75	1140	1300	0,68
126	890	46,77	49,56	8,41	20,58	9,64	2,72	0,08	6,72	0,33	0,68	0,68	970	1320	0,60
128	1003	47,15	42,66	8,56	17,76	14,16	2,68	0,09	12,05	0,34	0,69	0,69	960	1280	0,67
130	696	65,43	55,52	9,78	21,61	4,52	2,46	0,08	3,30	0,31	0,80	0,75	1000	1350	0,39
132	1110	45,2	41,90	8,25	14,94	15,70	2,51	0,08	14,62	0,41	0,67	0,67	1120	1220	0,67

Ek-3.2 Üst Damara İlişkin Sondaj Bilgileri

kuyu no	x	y	z_topo	k_linyit	a_mısı	a_kalkul	a_kalori	a_kül
605	31791.07	47426.89	1235.38	7.9	173.8	258.88	9061.3	276.5
620	30703.16	47258.52	1225.3	17.4	435	499.21	17974.2	626.4
658	30559.2	46933.8	1219.39	14	308	327.32	13090	560
662	31125.14	47930.61	1245.19	12.5	400	439.88	15837.5	450
663	32385.63	47093.63	1225.23	18	576	569.7	29955.2	943.36
781	30123.2	46939.3	1216.55	12	264	285	11400	480
790	31335.4	47642.1	1234.2	22	704	568.26	23870	924
791	31969.5	47869.5	1244.18	13	416	339.86	12337	471.9
809	30488.5	47601.8	1227.87	10	220	284.47	10810	380
810	31095.9	48337.6	1251.88	14	476	481.25	15400	448
811	31986.8	47573.8	1237.9	19	817	625	23750	722
812	32066.9	47635.9	1238.72	18.5	795.5	843.86	24050	527.25
813	32149.4	47703.7	1238.54	19.5	780	806.25	20962.5	507
829	32595	47415.1	1234.72	1.7	68	58.17	2012.8	58.82
832	31755.7	48114.6	1250.06	2	44	50.5	1520	60.2
834	31461.3	48163.7	1253.43	10	340	592	14800	250
846	30110.4	47140.6	1212.87	9.3	204.6	311.16	10797.3	322.71
848	30829.4	47658.7	1230.05	15.1	513.4	473	17500.9	558.7
849	30951.9	46930.9	1222.54	17	578	582.86	20400	585
850	31209.7	47152.5	1226.29	6	204	208.33	7500	216
851	31501.3	48863.2	1221.74	16.8	571.2	594.03	21504	608.16
852	31555.2	48567.9	1215.68	11.2	380.8	34.65	12891.2	4166.4
853	32118.3	46919.4	1223.22	8.3	282.2	266.09	9047	282.2
878	30887.2	48641.8	1217.32	16.8	571.2	483.06	17052	593.04
879	31134.8	46379.8	1210.98	16.1	354.2	330.05	13202	644
891	30390.8	46581.5	1213.58	20.55	452.1	565.13	21474.75	780.9
910	31853.2	46775	1221	15	510	455.82	15270	502.5
911	31997.8	47170.3	1229.78	2	86	127.38	2726	42.8
912	31214	46844.2	1220.33	4.5	193.5	216	5940	123.75
913	31489.8	47120.7	1227.11	11.9	261.8	311.78	12471.2	476
916	31597.4	47620.2	1238.33	11	374	314.29	11000	385
917	30891.5	47217.5	1228.2	10	180	253.22	9040	357
918	31388.9	47889.8	1245.09	7	315	216.3	8652	280
919	30268	47262.6	1220.11	17.7	548.7	355.3	14531.7	723.93
945	31394.4	48303.7	1255.55	8.5	306	377.22	11543	260.1
973	31617.9	46601.7	1218.87	5.6	123.2	219.19	6641.6	169.68
974	31817.7	47007	1227.37	15.5	279	387.89	15515.5	620
975	31875.3	47277.8	1234.79	14.5	261	455.71	15950	507.5
977	30777.5	46849.8	1220.09	12.5	387.5	440.33	14575	413.75
978	30788.5	47067.6	1223.46	8	336	298.3	9456	253.6
980	31117.4	47714.9	1239.94	10	140	181.66	8120	447
981	30286	46726.8	1214.37	7.5	232.5	270.22	9052.5	251.25
982	30272.2	47120.7	1221.53	2.2	92.4	117.06	3137.2	58.96
983	30255	47407.5	1217.03	2.4	100.8	87.97	2788.8	76.08
1014	31394.6	47276.5	1230.75	4	180	108.11	4908	181.6
1015	31365.7	46958.8	1222.84	20	440	386.36	17000	880
1016	31717.8	46896.2	1224	10.9	414.2	356.37	12829.3	392.4
1028	29860.6	47069.7	1212.93	17	374	332.98	15317	782
1078	30490.8	47402.9	1231.2	3	126	149.42	3885	78
1079	30791.4	47754.9	1234.28	11	352	355.88	12100	374
1080	30929.5	48074.2	1245.65	10.4	332.8	254.51	10129.6	413.92
1116	30516.7	47167.2	1224.61	6.5	208	164.21	6240	247
1117	31035.5	47428.6	1234.45	11.5	483	370.72	14087.5	437
1118	31106.1	46969.5	1224.36	9.5	304	330.8	11115	319.2
1120	32002.7	47361.5	1233.48	13	546	495.3	14859	390
1122	32229.8	47095.2	1226.45	8	336	348.12	10200	234.4
1136	30286	47570.5	1223.12	10	265	217.77	9190	422
1137	30309.3	47340.4	1223.79	9.5	335.35	306.3	10383.5	322.05
1138	30850.7	47452.3	1230.93	8.5	273	243.75	7800	208
1140	31658.1	46729.5	1221.17	6.5	208	226.98	7150	204.75
1144	31561.7	47431.8	1235.05	11.5	322	324.49	12006	425.5
1152	32450.3	47433.8	1232.82	5.9	185.2	203.38	6731.9	195.29
1161	30531.9	47791.9	1235.27	11.5	322	307.69	11477	426.95
1170	30805.9	47889	1238.59	17.5	507.5	479.31	17255	630
1171	31277.2	48124.6	1247.08	10.5	441	393.2	13093.5	349.65
1173	31487.7	47746.6	1241.33	11.5	368	325.62	11787.5	416.3
1175	32417.8	47324.8	1227.07	17.5	560	603.08	19600	568.75
10	32160	47065	1225.53	17	544	553.66	20264	622.2
15	31260	46140	1206.06	3.5	77	96.99	3307.5	119.35

Ek-3.3 Alt Damara İlişkin Kuyu Bilgileri

Sondaj No	x	y	z topo	k linyit	a kalori	a kalkül	a misi
803	32067,10	48247,08	1255,33	12,25	15949,50	404,25	514,50
805	31791,07	47426,89	1235,38	30,00	40800,00	1020,00	1530,00
820	30703,16	47258,52	1225,30	12,00	14040,00	420,00	848,00
858	30559,20	46933,80	1219,39	15,50	21374,50	527,00	821,50
862	31125,14	47930,81	1245,19	18,50	23088,00	668,00	980,50
863	32385,63	47083,63	1225,23	17,30	24410,30	553,60	951,50
781	30123,20	46939,30	1216,55	14,00	13650,00	588,00	588,00
790	31335,40	47642,10	1234,20	17,00	20519,00	625,60	918,00
791	31969,50	47869,50	1244,18	23,50	29081,50	855,40	1128,00
795	31626,10	48368,20	1257,93	23,50	28435,00	816,63	1269,00
809	30488,50	47801,80	1227,87	19,00	20539,00	685,00	798,00
810	31095,90	48337,60	1251,88	10,50	13650,00	378,00	504,00
811	31986,80	47573,80	1237,80	19,00	741,00	741,00	1064,00
812	32066,90	47635,90	1238,72	17,60	21296,00	686,40	985,80
813	32149,40	47703,70	1238,54	17	20400,00	714,00	952,00
814	32240,90	47761,10	1238,42	37,00	47730,00	1221,00	2072,00
815	32306,10	47836,30	1241,02	18,50	22269,00	741,00	1062,00
829	32595,00	47415,10	1234,72	35,60	37451,20	1246,00	1586,40
832	31756,70	48114,60	1250,06	27,00	36990,00	972,00	1512,00
833	31946,60	48275,90	1254,53	25,90	35612,50	893,55	1450,40
834	31461,30	48183,70	1253,43	25,00	35500,00	850,00	1400,00
835	31388,90	48595,40	1263,59	26,00	34164,00	949,00	1456,00
836	31528,40	48658,80	1264,09	24,20	31581,00	895,40	1379,40
846	30110,40	47140,80	1212,87	14,70	18095,70	551,25	705,60
848	30829,40	47658,70	1230,05	18,00	24300,00	612,00	972,00
849	30951,90	46930,90	1222,54	15,00	18785,00	553,50	720,00
850	31209,70	47152,50	1226,29	19,00	24890,00	674,50	950,00
851	31501,30	46863,20	1221,74	11,50	14777,50	373,75	552,00
852	31555,20	46567,90	1215,68	15,20	20520,00	463,80	820,80
853	32118,30	46919,40	1223,22	23,20	28884,00	835,20	1206,40
871	32107,40	48076,60	1248,47	22,00	27566,00	774,40	1188,00
878	30887,20	46641,80	1217,32	13,00	13000,00	572,00	676,00
879	31134,80	46379,80	1210,98	11,80	12744,00	423,82	660,80
891	30390,80	46581,50	1213,58	4,50	7236,00	173,70	252,00
910	31853,20	46775,00	1221,00	21,50	28057,50	731,00	1118,00
911	31997,80	47170,30	1228,78	19,00	22286,00	682,10	912,00
912	31214,00	46844,20	1220,33	14,50	18299,50	493,00	783,00
913	31489,80	47120,70	1227,11	19,80	22829,40	782,10	950,40
914	32428,80	47622,70	1238,07	37,40	48620,00	1432,42	2019,60
915	31902,90	47782,80	1242,11	36,30	46827,00	1281,39	1960,20
916	31587,40	47620,20	1238,33	30,00	37800,00	1085,00	1620,00
917	30891,50	47217,50	1228,20	21,00	26586,00	745,50	903,00
918	31388,90	47889,80	1245,09	25,00	33400,00	850,00	1350,00
919	30268,00	47262,80	1220,11	13,00	15171,00	526,50	559,00
945	31394,40	48303,70	1255,55	21,00	29190,00	707,70	1134,00
946	32015,20	47950,10	1245,82	29,40	43808,00	1014,30	1587,60
948	32649,70	47522,10	1242,75	23,50	29962,50	876,55	1010,50
966	31846,80	48282,40	1254,70	30,00	41130,00	990,00	1620,00
973	31617,90	46801,70	1218,87	14,5	15690,00	551,00	783,00
974	31817,70	47007,00	1227,37	14,50	19676,50	522,00	812,00
975	31875,30	47277,80	1234,79	27,00	931,50	931,50	1458,00
977	30777,50	46849,80	1220,09	12,50	15250,00	458,75	675,00
978	30788,50	47067,60	1223,46	14,50	16805,50	623,50	783,00
980	31117,40	47714,90	1239,94	29,50	38792,50	929,25	1534,00
981	30286,00	46728,80	1214,37	6,00	9624,00	237,00	276,00
982	30272,20	47120,70	1221,53	14,50	16022,50	549,55	699,00
983	30255,00	47407,50	1217,03	15,80	21914,80	545,10	853,20
1014	31394,60	47276,50	1230,75	27,80	38086,00	839,56	1334,40
1015	31365,70	46958,80	1222,84	20,50	26240,00	717,50	1107,00
1016	31171,80	46896,20	1224,00	17,00	23685,00	527,00	952,00
1028	29860,80	47069,70	1212,93	16,00	18368,00	616,00	786,00
1078	30490,80	47402,90	1231,20	20,80	24308,00	782,80	1112,40
1079	30791,40	47754,90	1234,28	18,5	22662,50	675,25	999,00
1080	30929,50	48074,20	1245,85	26,30	33401,00	867,90	1262,40
1116	30516,70	47167,20	1224,61	18,50	23846,50	721,50	888,00
1117	31035,50	47428,60	1234,45	19,80	26730,00	665,28	950,40
1118	31106,10	46998,50	1224,36	16,50	19470,00	577,50	858,00
1120	32002,70	47361,50	1233,48	14,00	22820,00	539,00	756,00
1122	32229,80	47095,20	1226,45	22,20	24286,80	801,42	1065,60
1136	30286,00	47570,50	1223,12	14,50	18502,00	495,90	696,00
1137	30309,30	47340,40	1223,79	13,00	13663,00	507,00	702,00
1138	30850,70	47452,30	1230,93	18,40	25024,00	625,60	956,80
1140	31658,10	48729,50	1221,17	13,60	15300,00	482,40	652,80
1144	31561,70	47431,80	1235,05	27,00	36801,00	877,50	1404,00
1152	32450,30	47433,60	1232,82	31,40	33603,80	1161,80	1507,20
1153	32200,10	47865,80	1242,63	35,40	39683,40	1462,02	1840,80
1154	32291,70	48027,70	1248,42	6,00	5754,00	258,00	312,00
1155	31903,30	48406,90	1260,53	26,50	30342,50	967,25	1378,00
1156	31862,20	48633,90	1261,84	25,80	28308,80	1091,34	1341,80
1161	30531,90	47791,90	1235,27	15,50	17747,50	547,15	837,00
1170	30805,00	47869,00	1238,59	16,50	23298,50	721,50	1053,00
1171	31277,20	48124,60	1247,08	21,00	26607,00	753,90	1092,00
1172	31589,90	47978,30	1250,26	28,50	38902,50	926,25	1596,00
1173	31467,70	47746,80	1241,33	23,50	31161,00	803,70	1289,00
1175	32417,80	47324,80	1227,07	30,00	31740,00	1161,00	1560,00
19	32180,00	47095,00	1225,53	22,00	27082,00	734,60	1144,00
15	31280,00	48140,00	1208,08	13,00	13715,00	481,00	624,00
25	32732,50	47640,00	1248,88	9,50	9101,00	399,00	494,00

Ek-4.1 Linyitik Kül İçeren Kömür Damarlarına İlişkin Analiz Sonuçları

İsl Değer	Kuru Kül	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃ +TiO ₂	CaO	MgO	MnO	SO ₃	P ₂ O ₅	Na ₂ O	K ₂ O	Sinterleşme	Ergime	Baz/Asit
258	48,09	4,27	0,94	1,93	66,25	1,10	0,02	3,98	0,06	0,07	0,06	1130	1470	26,40
601	45,52	3,20	0,93	1,32	65,20	1,18	0,02	6,12	0,08	0,07	0,07	1100	1460	35,46
201	48,11	2,64	0,53	1,32	68,10	0,93	0,01	3,35	0,10	0,05	0,05	1000	1430	42,57
210	49,38	2,38	0,46	1,24	68,47	0,82	0,01	3,11	0,06	0,05	0,05	1030	1470	46,87
170	50,50	2,49	0,53	1,37	68,42	0,98	0,01	2,68	0,09	0,07	0,06	1080	1470	44,32
236	47,89	2,80	0,56	1,64	67,60	0,95	0,01	3,30	0,11	0,05	0,05	1030	1460	38,24
531	39,68	4,30	0,94	2,61	64,80	1,26	0,02	6,70	0,12	0,07	0,06	1000	1470	23,86
267	53,09	7,08	1,22	3,23	65,50	1,18	0,02	4,06	0,06	0,10	0,10	1060	1460	15,78
1920	21,91	27,70	4,26	13,59	25,94	2,96	0,02	19,47	0,15	0,41	0,40	1160	1250	1,89
561	44,81	5,61	1,04	2,61	69,05	1,08	0,02	6,20	0,11	0,11	0,10	1100	1460	20,81
408	47,64	3,02	1,50	0,92	86,70	1,36	0,10	5,54	0,38	0,18	0,13	1080	1470	27,70
681	37,95	8,64	1,75	3,84	74,12	1,52	0,12	9,02	0,37	0,18	0,14	1050	1466	52,91
1064	30,42	19,26	3,51	9,56	48,30	2,50	0,15	15,38	0,44	0,20	0,18	1260	1400	4,47
760	40,18	7,70	2,40	3,14	73,82	1,46	0,16	10,03	0,38	0,18	0,17	1090	1450	16,90
832	43,45	7,01	1,92	3,01	77,26	1,46	0,14	8,49	0,33	0,17	0,16	1080	1430	19,14
477	45,91	9,42	2,23	3,29	75,40	1,57	0,18	6,72	0,30	0,17	0,14	1060	1435	14,55
998	39,71	20,40	3,51	9,74	50,49	2,04	0,20	12,21	0,45	0,21	0,18	1150	1400	4,38
884	41,26	12,48	3,19	6,25	61,71	1,76	0,19	12,31	0,56	0,18	0,15	1060	1420	8,46
1344	29,8	21,54	4,32	9,32	41,87	2,11	0,22	19,10	0,60	0,19	0,23	1210	1370	3,60
1211	33,04	21,10	3,98	9,51	46,68	2,18	0,21	15,20	0,52	0,20	0,26	1190	1380	4,03
1387	30,07	20,44	4,62	8,22	50,85	2,09	0,25	12,32	0,57	0,19	0,22	1170	1250	4,60
1162	34,41	23,74	6,03	11,67	37,32	2,87	0,26	17,03	0,53	0,22	0,26	1175	1220	2,97
1207	35,1	20,76	3,50	9,75	44,36	2,12	0,20	18,12	0,53	0,20	0,20	1190	1350	3,85
1008	37,97	32,36	5,58	16,36	20,20	3,24	0,16	18,76	0,58	0,22	0,27	1280	1400	1,33
1202	32,1	31,50	5,57	15,81	27,66	2,19	0,20	15,82	0,70	0,22	0,27	1180	1300	1,68

Ek-4.2 Bitümik Kül İçeren Kömür Damarlarına İlişkin Analiz Sonuçları

Derinlik	Isl Değer	Kuru Kül	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃ +TiO ₂	CaO	MgO	MnO	SO ₃	P ₂ O ₅	Na ₂ O	K ₂ O	Sinterleşme	Ergime	Baz/Asit	Ergime
110	1084	40,93	43,88	9,36	18,28	12,40	2,80	0,05	11,21	0,30	0,60	0,60	990	1280	0,78	1280
112	437	72,48	52,48	8,41	21,84	7,76	2,36	0,04	4,14	0,21	0,70	0,70	1010	1320	0,49	1320
114	606	69,39	54,56	8,48	21,87	5,38	2,58	0,06	3,96	0,21	0,80	0,85	1020	1350	0,42	1350
116	837	43,7	46,46	11,55	19,80	8,90	2,79	0,08	7,88	0,31	0,70	0,75	1150	1305	0,64	1305
118	837	55,1	52,80	9,54	22,08	6,20	2,60	0,08	4,26	0,18	0,83	0,83	1080	1320	0,47	1320
120	837	52,45	41,50	9,15	18,53	14,06	2,53	0,08	12,44	0,32	0,61	0,61	1070	1280	0,87	1280
122	837	44,15	49,20	9,23	21,13	8,70	2,78	0,07	5,93	0,36	0,75	0,75	1140	1300	0,58	1300
126	890	46,77	49,56	8,41	20,58	9,64	2,72	0,08	6,72	0,33	0,68	0,68	970	1320	0,60	1320
128	1003	47,15	42,66	8,56	17,76	14,16	2,68	0,09	12,05	0,34	0,69	0,69	960	1280	0,87	1280
130	696	65,43	55,52	9,78	21,61	4,52	2,46	0,08	3,30	0,31	0,80	0,75	1000	1350	0,39	1350
132	1110	45,2	41,90	8,25	14,94	15,70	2,51	0,08	14,62	0,41	0,67	0,67	1120	1220	0,97	1220

Ek-4.3'e Devam

[illegible]

Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Y	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
30850	48150	36900	31750	37175	44030	26340	42250	47810	41260	41735	31630	27060	37300	35860	34778	35592	48140	40130	31200	51900	39240	45100	43300	44100	39450	41700	54470	92800	46300	36100	37630	42810	32580	34780	35920	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	37000	370

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25				
31750	47200	3330	7	37	43	8.65	27.82	69.00	32.97	49.34	47.22	32.18	28.58	18.44	33.12	24.84	22.61	48.99	28.69	17.93	32.56	61.02	44.22	23.85	47.07	15.45			
31760	47300	1827	11.51	4.89	33.61	12.18	13.31	35.22	17.68	26.21	34.35	20.19	20.43	3.68	11.03	5.28	19.35	34.35	10.92	16.93	32.53	33.28	22.84	7.44	11.64	32.97	10.65		
31770	47400	1659	8.68	10.74	12.68	19.32	13.41	20.16	13.68	20.85	23.13	23.65	15.02	5.44	2.91	20.78	35.93	12.86	18.64	35.45	19.27	5.88	12.22	23.62	3.01	19.82			
31780	47500	3032	28.55	34.51	23.08	36.01	34.16	34.28	21.68	9.88	41.67	36.04	34.32	12.50	4.72	29.51	51.30	11.44	13.45	18.26	53.97	22.28	20.82	54.21	33.88	12.59			
31790	47600	16.62	34.12	27.12	30.64	39.56	45.34	28.31	16.73	11.93	37.52	39.63	39.63	16.24	27.80	21.38	25.92	20.68	21.55	9.65	51.08	21.81	22.04	46.70	8.20	16.28			
31795	47650	34.04	16.59	21.87	30.94	36.58	50.72	29.51	20.54	4.36	11.93	47.28	32.37	12.93	12.84	28.56	9.38	28.92	40.60	33.04	39.29	3.48	44.47	48.87	30.21	56.57	12.44	8.52	
31800	47700	10.89	6.30	5.48	13.92	8.23	15.78	4.22	5.55	21.85	7.11	7.97	16.08	7.57	11.32	11.14	4.00	8.67	8.53	19.18	14.84	22.63	5.48	11.78	8.99				
31795	47650	31.49	9.17	29.20	39.28	38.62	49.19	31.40	21.36	30.02	29.68	34.31	35.67	41.44	34.38	28.73	18.00	27.38	38.06	28.12	44.38	27.62	22.82	30.04	39.04	32.84	21.38	9.92	
31790	47600	13.95	8.44	9.21	17.83	15.75	5.00	21.19	14.62	6.00	12.70	15.11	11.62	21.01	15.88	5.08	5.35	6.24	12.35	30.50	22.71	11.53	15.17	19.37	30.73	30.20	10.42	7.88	
31800	48000	30.67	7.22	27.64	43.53	34.08	43.93	33.51	29.95	52.00	47.69	32.21	42.45	47.31	43.61	52.09	60.52	42.14	31.05	26.00	40.54	27.62	37.34	28.90	26.46	17.84	17.82		
31805	48050	28.83	7.52	22.07	47.17	37.73	35.74	27.85	19.49	28.88	10.00	33.08	35.11	34.81	30.35	18.28	28.28	37.32	19.88	70.33	33.83	35.73	73.97	48.67	56.64	20.58	8.64	54.58	8.60
31800	48000	40.15	23.49	7.01	17.83	35.74	18.48	19.48	17.45	47.05	73.91	47.05	58.76	55.50	25.38	34.48	32.22	19.88	70.33	33.83	35.73	73.97	48.67	56.64	20.58	8.64	54.58	8.60	
31805	48050	37.42	21.20	25.52	31.71	26.25	39.20	32.31	39.21	41.49	6.22	44.11	58.21	60.21	17.40	21.01	14.84	41.05	54.73	16.81	40.78	12.06	44.52	48.69	22.58	58.12	13.08	12.48	
31800	47600	25.45	8.36	25.50	31.17	36.06	19.10	18.26	39.36	31.44	33.20	27.33	24.83	21.55	21.40	20.15	19.78	28.78	23.70	16.81	40.78	12.06	44.52	4					

Ek-4.5 Üst Damardaki Blokların Simülasyon ile Üretilen Ortalama Değerleri

X	Y	Kalınlık(m)	Rezerv(m3)	Kaku_sim	Std. Sapma	MSI	Std. Sapma
29800	46900	14,47	325649	24,02	9,39	29,94	17,11
29800	47050	14,22	319950	22,88	10,90	28,30	16,65
29800	47200	14,69	330540	21,45	10,42	26,24	15,42
29950	46750	14,31	322000	20,27	10,36	24,52	15,99
29950	46900	15,90	357778	17,14	9,75	18,62	11,58
29950	47050	16,15	363268	20,11	9,38	15,47	8,73
29950	47200	16,85	379121	17,30	9,19	14,47	6,96
29950	47350	16,97	381929	14,28	7,01	16,56	5,49
29950	47500	9,12	205097	24,64	10,87	50,36	13,32
30100	46600	10,77	242387	32,94	15,33	44,35	10,32
30100	46750	8,29	186452	35,05	17,90	58,16	13,80
30100	46900	7,92	178153	38,14	18,21	38,93	16,17
30100	47050	9,09	204606	30,61	16,92	28,11	17,19
30100	47200	9,36	210589	31,14	16,55	27,20	8,17
30100	47350	9,64	217004	23,03	11,92	30,57	19,14
30100	47500	7,40	166571	22,26	11,91	37,36	15,70
30100	47650	14,34	322752	17,78	8,46	22,45	11,47
30100	47800	14,09	317069	15,90	7,01	29,57	17,24
30250	46600	13,98	314523	27,62	14,50	24,66	14,95
30250	46750	9,98	224589	28,04	16,28	23,56	10,68
30250	46900	13,37	300832	20,44	9,73	26,00	5,49
30250	47050	14,66	329813	11,00	9,34	28,68	7,42
30250	47200	15,87	357105	17,94	8,54	29,58	6,97
30250	47350	7,97	179224	26,61	15,29	46,82	27,77
30250	47650	11,38	256035	21,47	15,96	30,90	9,04
30250	47800	8,25	185575	27,66	12,41	26,89	9,78
30250	47950	8,98	201970	29,94	15,27	34,80	7,96
30400	46600	10,30	231856	47,70	16,81	33,35	16,90
30400	46750	10,14	228160	33,94	18,25	29,39	15,81
30400	46900	9,65	217213	30,89	18,33	26,60	13,30
30400	47050	9,96	224096	18,96	14,82	23,32	8,21
30400	47200	9,35	210362	23,52	12,17	22,84	8,71
30400	47350	9,34	210064	23,79	12,31	28,39	9,30
30400	47500	9,52	214222	15,10	14,86	35,64	10,12
30400	47650	14,64	329368	21,34	8,06	23,34	12,66
30400	47800	14,25	320683	19,95	8,73	35,02	4,90
30400	47950	12,05	271059	25,88	16,92	31,32	9,60
30550	46450	11,44	257336	41,85	17,14	31,93	7,00
30550	46600	13,77	309778	32,45	9,59	30,31	19,00
30550	46750	10,85	244126	34,58	14,07	37,00	22,65
30550	46900	13,93	313460	23,68	13,16	24,86	6,14
30550	47050	11,63	261673	22,86	10,80	33,06	21,16
30550	47200	15,20	341951	20,26	8,65	24,52	14,64
30550	47350	8,79	197809	27,01	14,17	40,15	19,49
30550	47500	6,59	148357	36,57	25,15	55,29	23,06
30550	47650	10,99	247261	28,09	14,81	30,31	10,92
30550	47800	9,61	216185	32,08	14,04	26,92	10,65
30550	47950	9,14	205648	38,81	19,45	41,15	23,57
30650	48100	9,16	206105	36,78	17,69	16,86	9,16
30700	46450	16,18	364107	31,75	10,46	30,36	5,07
30700	46600	8,09	182053	61,11	21,99	56,60	9,46
30700	46750	7,42	166905	56,22	24,22	56,12	9,38
30700	46900	8,91	200408	38,38	16,38	30,00	8,70
30700	47050	10,83	243639	28,06	12,41	34,72	7,26
30700	47200	13,04	293421	29,52	12,73	32,80	6,74
30700	47350	10,03	225708	35,91	14,01	39,62	8,12
30700	47500	10,06	226243	30,08	12,80	32,01	18,81
30700	47650	13,05	293709	27,81	14,41	30,82	18,11
30700	47800	14,50	326344	25,18	11,14	24,41	14,28
30700	47950	14,08	316880	27,89	10,84	24,09	11,83
30700	48100	13,68	307782	24,85	10,61	26,99	9,00
30700	48250	10,52	236755	40,82	16,06	42,10	14,04
30850	46800	9,59	215749	52,16	22,10	62,97	18,86
30850	46750	16,83	378774	26,44	11,20	28,69	8,59
30850	46900	12,02	270553	40,72	17,25	39,24	11,75
30850	47050	9,88	222349	35,68	15,11	38,94	21,60
30850	47200	9,22	207526	32,49	13,76	27,70	7,47
30850	47350	6,59	148233	43,56	24,44	43,31	10,43
30850	47500	9,22	207526	34,23	19,21	38,91	8,21
30850	47650	12,23	275268	35,01	14,49	36,17	8,05
30850	47800	10,20	229390	35,00	16,17	41,67	9,27

Ek-4.5'e Devam

X	Y	Kalınlık(m)	Rezerv(m3)	Kaku_sim	Sapma	MSI	Std. Sapma
30850	47950	9,71	218547	41,43	18,69	49,06	10,92
30850	48100	13,16	296075	26,28	13,04	28,46	6,33
30850	48250	10,56	237526	36,30	16,38	39,02	6,74
31000	46600	11,61	261169	37,07	11,62	39,82	12,81
31000	46750	14,48	325724	30,03	12,33	24,92	14,62
31000	46900	16,09	361916	26,06	8,63	20,42	10,53
31000	47050	10,72	241277	36,06	18,65	33,18	14,13
31000	47200	12,17	273870	22,65	10,65	21,41	8,72
31000	47350	11,05	248516	28,41	12,78	29,56	9,34
31000	47500	9,75	219343	36,59	17,46	22,58	7,27
31000	47650	7,14	160715	45,87	23,61	50,69	13,90
31000	47800	12,88	289834	26,50	13,63	16,02	6,34
31000	47950	4,29	96611	46,69	13,55	42,81	9,04
31000	48100	5,38	121064	42,57	18,67	29,02	9,67
31000	48250	6,76	152183	56,21	27,05	24,05	8,01
31000	48400	10,59	238341	36,72	15,11	29,72	8,56
31150	46450	9,12	205199	40,25	18,28	30,54	8,37
31150	46600	8,63	194089	29,74	11,96	46,03	24,23
31150	46750	8,67	195141	39,03	17,12	39,21	21,05
31150	46900	10,84	243926	28,60	15,05	25,21	7,11
31150	47050	12,66	284844	21,66	11,00	21,10	7,48
31150	47200	8,24	185376	32,36	19,25	30,42	16,33
31150	47350	11,77	264823	28,42	14,62	30,42	16,33
31150	47500	12,25	275664	25,31	13,32	27,19	14,03
31150	47650	13,07	294090	27,40	11,67	23,65	11,04
31150	47800	12,96	291534	29,17	13,93	23,89	8,72
31150	47950	8,17	183751	47,78	21,87	30,40	12,95
31150	48100	7,83	176225	35,05	18,53	24,78	10,67
31150	48250	6,95	156420	29,58	20,36	24,51	5,01
31150	48400	12,96	291534	33,57	23,11	33,19	6,72
31300	46450	6,96	156542	23,67	12,51	34,87	12,07
31300	46600	5,80	130452	59,79	24,70	68,21	13,37
31300	46750	6,72	151273	46,51	24,43	47,51	9,31
31300	46900	10,45	235118	37,23	19,14	30,12	12,96
31300	47050	11,26	253371	25,30	14,04	27,01	6,29
31300	47200	10,80	242945	18,30	9,68	19,44	8,36
31300	47350	7,88	177360	35,88	18,47	34,61	14,89
31300	47500	14,23	320074	25,59	11,90	23,39	6,63
31300	47650	13,04	293306	31,40	13,31	42,37	20,69
31300	47800	14,69	330631	22,79	12,13	26,85	13,04
31300	47950	10,94	246211	31,13	12,89	34,26	17,33
31300	48100	15,63	351730	26,15	10,83	21,91	11,46
31300	48250	14,76	332084	27,67	11,85	20,99	9,64
31300	48400	10,86	244428	38,72	16,59	27,31	10,83
31450	46450	7,53	169442	28,20	12,08	33,58	14,29
31450	46600	7,67	172550	38,22	20,46	30,59	11,27
31450	46750	7,33	164832	44,02	19,34	56,87	11,20
31450	46900	9,19	206827	54,91	23,52	56,39	9,49
31450	47050	13,41	301779	24,22	12,15	20,87	6,53
31450	47200	8,04	180860	27,48	11,77	42,01	9,55
31450	47350	8,20	184529	35,74	16,24	45,14	7,60
31450	47650	10,22	230017	35,37	14,71	47,95	9,45
31450	47800	12,07	271587	29,66	10,24	29,20	7,35
31450	47950	13,69	308086	21,92	10,59	33,59	6,99
31450	48100	13,50	303756	35,15	15,05	27,26	4,86
31450	48250	13,06	293889	25,31	8,96	24,34	13,77
31450	48400	15,17	341344	20,69	8,89	26,19	14,82
31600	46450	10,46	235250	29,14	15,12	36,84	18,58
31600	46600	8,85	199139	20,35	9,83	41,22	22,05
31600	46750	15,97	359383	18,67	8,48	18,99	10,20
31600	46900	14,59	328190	22,02	8,55	20,71	9,31
31600	47050	8,28	186314	40,88	19,49	32,77	15,69
31600	47200	8,50	191274	38,13	17,38	32,08	13,95
31600	47350	9,08	204227	42,60	17,99	30,90	11,51
31600	47500	10,07	226484	56,40	18,14	29,00	8,99
31600	47650	12,63	284165	26,34	14,74	29,34	17,42
31600	47800	11,10	249685	39,27	15,87	34,88	19,47
31600	47950	13,15	295782	23,68	11,18	30,19	18,72
31600	48100	10,75	241855	27,36	13,68	22,15	13,73
31600	48250	5,06	113757	39,72	21,52	28,26	8,56
31600	48400	11,48	258236	31,75	14,95	39,64	6,16
31750	46450	11,72	263769	30,71	12,92	26,67	15,32

Ek-4.5' Devam

X	Y	Kalınlık(m)	Rezerv(m3)	Kaku_sım	Std. Sapma	MİSİ	Std. Sapma
31750	46600	9,08	204296	35,96	16,41	53,01	8,24
31750	46750	11,75	264377	29,92	10,99	30,89	19,01
31750	46900	14,33	322334	24,69	11,70	27,28	15,68
31750	47050	16,63	374067	24,78	9,36	23,56	12,42
31750	47200	11,58	260470	30,29	11,57	33,30	17,09
31750	47350	16,64	374351	19,82	8,40	19,27	10,04
31750	47500	16,17	363786	20,60	11,09	18,89	8,88
31750	47650	9,33	209931	29,87	16,48	30,32	15,82
31750	47800	9,44	212318	33,44	13,76	34,31	16,62
31750	47950	10,10	227186	32,62	15,96	31,04	16,59
31750	48100	11,09	249611	23,73	13,66	10,89	6,30
31750	48250	12,28	276288	28,47	14,32	31,49	9,17
31750	48400	13,52	304162	26,70	13,11	13,56	6,44
31900	46450	10,97	246902	33,37	13,68	39,67	7,22
31900	46600	11,62	261402	27,56	16,43	28,83	7,52
31900	46750	10,31	232011	31,40	14,32	40,15	23,49
31900	46900	9,90	222795	42,72	20,70	37,42	21,20
31900	47050	10,20	229605	35,96	14,22	25,45	9,36
31900	47200	9,34	210152	34,18	15,11	40,93	8,88
31900	47350	9,79	220206	31,10	13,58	34,98	20,06
31900	47500	11,07	248966	26,80	13,09	36,15	22,15
31900	47650	15,26	343427	33,90	14,81	27,01	14,64
31900	47800	14,83	333783	21,11	10,50	25,10	14,57
31900	47950	15,18	341646	23,68	10,02	23,03	11,88
32050	46600	11,52	259148	26,56	13,03	33,01	17,70
32050	46750	12,58	283043	25,92	13,40	31,39	12,08
32050	46900	13,89	312520	24,82	11,60	30,35	9,04
32050	47050	13,96	314189	24,70	11,65	24,53	13,09
32050	47200	10,27	230991	36,62	18,96	35,13	8,88
32050	47350	10,53	236824	34,68	12,86	36,11	8,95
32050	47500	9,65	217122	39,18	15,06	38,61	7,70
32050	47650	8,59	193170	39,97	17,84	37,84	10,30
32050	47800	7,91	177937	36,65	20,03	33,56	10,37
32050	47950	7,26	163411	43,81	23,24	31,89	12,43
32050	48100	7,37	165744	51,84	27,50	52,35	29,81
32200	46750	10,86	244354	32,83	18,47	35,34	19,11
32200	46900	10,94	246138	32,63	12,71	34,91	21,51
32200	47050	11,24	252919	32,79	14,70	34,83	21,27
32200	47200	12,04	270961	23,11	12,78	33,24	20,34
32200	47350	12,74	286702	24,88	13,50	34,14	17,97
32200	47500	13,52	304120	42,22	22,92	32,94	11,93
32200	47650	13,31	299482	35,74	19,40	30,87	8,90
32200	47800	12,88	289833	48,44	22,09	30,32	7,33
32200	47950	11,37	255926	53,76	24,52	35,37	8,85
32350	46750	6,39	143667	66,68	32,48	31,24	17,31
32350	46900	9,06	203828	51,28	25,21	44,91	24,79
32350	47050	10,85	244059	43,51	15,44	43,17	13,84
32350	47200	11,49	258476	43,93	20,65	40,66	23,59
32350	47350	11,34	255091	46,30	21,76	33,09	20,27
32350	47500	11,38	256023	38,66	18,13	33,40	19,70
32350	47650	11,49	258593	45,44	21,36	34,51	21,40
32350	47800	12,32	277267	39,37	17,11	34,12	19,54
32350	47950	12,84	288980	47,23	13,33	35,24	17,07
32500	46900	6,39	143856	52,98	25,86	27,51	16,14
32500	47050	3,97	89241	48,77	23,70	23,69	10,78
32500	47200	3,58	80524	50,96	24,77	39,39	17,93
32500	47350	5,45	122516	59,86	30,27	35,27	12,96
32500	47500	7,37	165744	34,75	18,27	28,21	10,37
32500	47650	10,38	233572	40,11	19,67	39,20	10,88
32500	47800	11,15	250898	36,06	16,32	32,51	17,29

	Y	X	RelKMu	Std. Error	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	
26000	47050	26000	33.38	3.76	34	34	34	34	34	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	
26001	47051	26001	30.25	2.64	29	31	30	28	26	33	33	31	33	33	31	35	32	31	34	33	35	37	37	38	39	40	41	42	43	
26002	47052	26002	31.32	2.68	30	34	31	32	30	30	29	34	32	33	28	30	28	30	30	32	31	35	36	37	38	39	40	41	42	
30050	46750	30050	28.24	3.15	30	34	31	32	25	30	26	31	26	28	24	31	28	26	31	27	32	26	31	27	30	28	28	28	28	
30051	46751	30051	29.55	3.17	31	35	32	33	24	27	25	31	26	28	24	31	28	26	34	28	31	27	29	26	30	28	28	28	28	
30052	46752	30052	28.22	3.07	32	34	32	33	21	23	22	34	22	27	25	31	30	34	28	31	27	30	27	26	28	28	28	28	28	
30053	46753	30053	30.23	3.01	33	37	32	31	30	25	32	35	32	35	34	37	36	38	35	31	37	31	30	33	36	35	31	25	27	
30054	46754	30054	32.62	3.06	30	37	32	31	28	35	32	36	32	35	37	37	40	36	38	35	37	38	37	34	36	35	29	30	32	
30055	46755	30055	33.50	3.23	35	38	40	38	30	35	32	38	35	40	39	34	37	38	35	33	38	36	37	37	39	35	32	33	31	
30056	46756	30056	35.50	3.87	38	42	39	37	35	29	37	40	38	40	38	34	37	38	35	33	38	36	37	42	42	38	46	33	36	35
30057	46757	30057	38.05	3.66	37	45	38	39	37	36	36	41	39	40	38	34	37	38	37	37	37	42	42	39	40	33	35	31	27	35
30058	46758	30058	40.50	3.38	38	48	38	38	37	36	35	41	39	40	38	34	37	38	37	37	37	42	42	39	40	33	35	31	27	35
30059	46759	30059	42.50	3.69	42	40	38	38	37	36	35	41	39	40	38	34	37	38	37	37	37	42	42	39	40	33	35	31	27	35
30060	46760	30060	44.50	3.98	45	43	38	38	37	36	35	41	39	40	38	34	37	38	37	37	37	42	42	39	40	33	35	31	27	35
30061	46761	30061	46.50	4.00	47	45	38	38	37	36	35	41	39	40	38	34	37	38	37	37	37	42	42	39	40	33	35	31	27	35
30062	46762	30062	48.50	4.23	50	48	38	38	37	36	35	41	39	40	38	34	37	38	37	37	37	42	42	39	40	33	35	31	27	35
30063	46763	30063	50.50	4.46	53	51	38	38	37	36	35	41	39	40	38	34	37	38	37	37	37	42	42	3						

Ek-4.6'ya Devam

[illegible]

Ek-4.7'ye Devam

[illegible]

Ek-4.7'ye Devam

[illegible]

Ek-4.7'ye Devam

[illegible]

Ek-4.8 Alt Damardaki Bloklarının Simülasyon ile Üretilen Ortalama Değerleri

X	Y	K_Linyit	Rezerv(m3)	Kal/kul	Std.sp(Ka/ku)	Misi	Std.sp(Misi)
29900	47050	15	348.390	33	2,87	47	6,53
29900	47200	15	345.960	30	2,19	47	6,40
29900	47350	15	341.550	31	2,73	49	4,42
30050	46750	12	265.185	29	3,23	47	6,49
30050	46900	13	303.345	29	2,75	47	6,48
30050	47050	15	329.220	29	3,56	45	6,19
30050	47200	15	328.883	30	3,26	47	3,92
30050	47350	15	336.915	33	3,25	49	6,74
30050	47500	15	337.680	34	3,20	47	6,46
30050	47650	15	335.430	34	3,83	47	6,45
30050	47800	15	328.905	38	3,32	49	6,80
30200	46450	7	166.230	30	2,59	50	5,38
30200	46600	8	177.998	31	3,31	47	4,51
30200	46750	9	205.583	36	3,97	49	4,92
30200	46900	11	253.193	33	3,72	44	4,65
30200	47050	13	293.738	29	2,56	47	5,13
30200	47200	14	312.975	32	2,81	45	2,65
30200	47350	15	326.903	34	3,59	46	4,02
30200	47500	15	331.200	36	3,11	51	5,47
30200	47650	15	330.030	40	3,48	52	5,46
30200	47800	15	346.703	35	3,89	48	4,29
30200	47950	16	353.970	37	3,21	47	4,97
30350	46450	6	141.188	34	2,93	52	6,20
30350	46600	6	133.043	36	3,11	54	5,68
30350	46750	7	162.788	31	3,48	51	5,57
30350	46900	11	251.910	32	3,60	46	6,09
30350	47050	14	307.260	32	2,81	48	2,65
30350	47200	15	329.468	33	2,86	50	5,84
30350	47350	14	322.155	29	2,57	52	6,69
30350	47500	16	351.495	31	3,44	49	5,68
30350	47650	16	355.433	37	4,24	51	6,32
30350	47800	16	358.718	41	3,58	49	4,84
30350	47950	16	363.825	35	3,09	49	4,34
30500	46600	8	186.570	34	3,59	54	4,48
30500	46750	10	230.423	40	2,83	55	4,57
30500	46900	13	302.850	33	3,62	50	2,91
30500	47050	16	359.663	32	3,59	51	3,00
30500	47200	16	360.788	33	2,86	50	3,01
30500	47350	15	346.928	28	3,25	50	3,07
30500	47500	16	362.273	31	3,58	49	2,97
30500	47650	17	373.905	32	3,66	46	2,73
30500	47800	16	364.410	29	3,39	58	3,37
30500	47950	17	373.005	33	3,19	61	3,60
30650	46600	11	256.365	40	2,27	61	3,58
30650	46750	14	323.123	34	3,38	57	3,33
30650	46900	15	337.298	34	3,87	53	3,21
30650	47050	15	336.555	32	3,73	50	3,04
30650	47200	15	332.933	30	3,41	49	2,99
30650	47350	15	329.535	37	3,12	51	3,11
30650	47500	16	350.820	33	3,75	51	3,13
30650	47650	17	391.230	36	4,14	50	3,07
30650	47800	18	398.385	34	3,96	52	3,18
30650	47950	18	399.668	36	4,13	58	3,40
30650	48100	18	406.958	32	3,65	57	3,33
30650	48250	22	492.818	34	3,88	51	3,05
30800	46450	14	308.903	29	3,38	55	3,28
30800	46600	14	306.765	30	3,41	52	3,18
30800	46750	14	304.943	31	3,59	55	3,33

Ek-4.8'e Devam

X	Y	K_Linyit	Rezerv(m3)	Kal/kul	Std.sp(Ka/ku)	Misi	Std.sp(Misi)
30800	46900	13	299.700	32	3,72	54	3,23
30800	47050	15	332.033	31	3,60	47	2,79
30800	47200	16	362.070	41	4,76	46	2,80
30800	47350	17	382.545	33	3,82	48	2,90
30800	47500	18	401.310	34	3,91	54	3,20
30800	47650	18	413.055	33	3,77	54	3,24
30800	47800	20	439.043	33	3,82	51	3,13
30800	47950	21	476.280	32	3,69	50	3,06
30800	48100	23	515.003	33	3,84	49	2,99
30950	46300	12	276.615	48	5,51	67	4,05
30950	46450	12	280.238	58	6,68	65	3,96
30950	46600	13	290.565	54	4,38	58	3,57
30950	46750	14	306.675	51	5,21	51	3,13
30950	46900	15	335.453	52	5,96	47	2,94
30950	47050	17	384.953	29	3,35	47	2,94
30950	47200	19	421.830	34	3,88	45	2,85
30950	47350	19	432.900	33	3,76	50	5,58
30950	47500	20	441.833	34	3,96	49	2,95
30950	47650	21	479.768	36	2,58	50	3,04
30950	47800	22	494.955	35	2,85	52	3,16
30950	47950	24	528.818	36	3,66	51	3,07
30950	48100	23	511.065	37	3,50	51	3,05
30950	48250	19	425.408	39	3,81	51	3,05
30950	48400	16	362.633	39	4,51	50	5,16
31100	46150	13	285.458	59	5,61	47	2,96
31100	46300	12	278.010	62	6,32	51	3,14
31100	46450	13	281.565	32	3,68	50	3,14
31100	46600	13	298.598	32	3,68	50	3,15
31100	46750	14	324.473	33	3,83	51	3,19
31100	46900	16	353.565	36	4,13	48	3,03
31100	47050	16	360.383	37	4,26	50	3,10
31100	47200	17	380.745	38	3,93	50	3,01
31100	47350	19	432.338	37	4,24	47	2,84
31100	47500	22	491.198	39	4,47	47	2,88
31100	47650	24	550.553	38	4,39	48	2,98
31100	47800	24	547.695	40	4,59	51	3,12
31100	47950	21	476.033	36	4,20	52	3,22
31100	48100	18	409.590	37	4,30	44	2,76
31100	48250	16	350.528	41	4,71	47	3,01
31100	48400	13	301.928	37	4,30	48	2,99
31100	48550	14	325.485	40	4,56	50	3,06
31100	48700	19	426.938	35	4,07	51	3,12
31250	46150	13	292.500	39	4,46	47	2,86
31250	46450	13	296.010	32	3,66	55	3,29
31250	46600	14	309.420	34	3,91	63	3,77
31250	46750	16	357.413	37	4,30	51	3,04
31250	46900	16	355.950	37	4,29	54	3,19
31250	47050	17	375.390	36	4,15	55	3,34
31250	47200	18	398.025	38	4,39	57	3,43
31250	47350	20	441.653	38	4,38	54	3,34
31250	47500	21	467.798	40	3,69	50	3,04
31250	47650	21	470.385	41	4,70	48	2,92
31250	47800	21	473.805	37	4,24	44	2,78
31250	47950	20	444.420	41	4,67	46	2,91
31250	48100	20	440.415	36	4,15	47	2,89
31250	48250	18	412.133	41	4,66	55	3,49
31250	48400	19	427.343	38	4,37	59	3,60
31250	48550	21	463.770	36	4,11	63	3,79
31250	48700	24	547.965	37	4,21	56	3,36
31400	46300	25	553.995	31	3,54	51	3,09

Ek-4.8 'e Devam

X	Y	K_Linyit	Rezerv(m3)	Kal/kul	Std.sp(Ka/ku)	Misi	Std.sp(Misi)
31400	46450	13	299.115	50	5,75	49	3,01
31400	46600	15	339.120	39	4,50	54	3,21
31400	46750	15	336.308	36	4,11	56	3,36
31400	46900	15	340.020	40	4,65	57	3,45
31400	47050	16	367.808	37	4,22	51	3,13
31400	47200	18	401.445	41	4,73	50	3,03
31400	47350	18	415.305	46	5,27	51	3,16
31400	47500	20	450.225	40	4,61	51	3,10
31400	47650	21	475.515	38	4,38	52	3,22
31400	47800	20	458.033	42	4,78	55	3,47
31400	47950	21	478.935	42	4,86	55	3,39
31400	48100	23	527.220	39	4,48	52	3,20
31400	48250	23	525.465	40	4,61	52	3,19
31400	48400	23	509.670	39	4,51	56	3,49
31400	48550	24	529.178	38	4,40	56	3,41
31400	48700	25	558.045	36	4,20	55	3,44
31550	46450	25	562.050	35	4,00	55	3,47
31550	46600	25	562.883	36	4,13	51	3,31
31550	46750	25	563.468	39	4,49	48	2,86
31550	46900	16	357.233	45	5,20	52	3,08
31550	47050	15	338.153	47	5,44	51	3,07
31550	47200	14	320.423	53	6,05	52	3,13
31550	47350	15	335.273	57	6,57	59	3,57
31550	47500	18	402.593	52	5,93	58	3,52
31550	47650	21	461.633	45	5,13	53	3,35
31550	47800	23	519.323	41	4,66	53	3,33
31550	47950	25	567.473	41	4,69	47	2,96
31550	48100	25	551.835	38	4,39	51	3,11
31550	48250	23	519.053	41	4,71	56	3,63
31550	48400	25	568.733	35	4,06	50	3,11
31550	48550	25	566.055	32	3,70	48	2,95
31550	48700	24	534.555	34	3,94	50	3,24
31700	46300	23	522.135	29	3,32	54	3,47
31700	46450	24	546.413	38	4,38	53	3,41
31700	46600	25	560.183	38	4,38	52	3,27
31700	46750	25	559.890	35	3,99	52	3,27
31700	46900	15	332.415	46	5,25	51	3,30
31700	47050	15	335.610	46	5,30	53	3,30
31700	47200	16	356.715	56	6,46	52	3,19
31700	47350	16	362.858	62	7,18	55	3,41
31700	47500	17	373.658	63	7,30	59	3,64
31700	47650	19	424.688	57	6,52	56	3,49
31700	47800	22	496.373	45	5,12	49	3,09
31700	47950	26	591.750	34	3,88	55	3,46
31700	48100	29	644.580	34	3,94	51	3,20
31700	48250	30	664.853	32	3,72	48	3,13
31700	48400	25	570.938	36	4,20	54	3,49
31700	48550	23	525.465	35	4,05	54	3,54
31700	48700	25	567.225	31	3,59	54	3,46
31850	46150	26	589.590	30	3,45	51	3,24
31850	46300	26	578.835	32	3,73	50	3,23
31850	46450	26	580.950	36	4,18	52	3,33
31850	46600	26	578.880	28	3,53	47	3,03
31850	46750	25	565.020	33	3,79	50	3,21
31850	46900	15	328.635	49	5,68	52	3,15
31850	47050	14	325.485	50	5,70	60	3,71
31850	47200	17	384.683	50	5,75	51	3,18
31850	47350	18	412.425	50	5,76	53	3,24
31850	47500	19	427.208	53	6,08	49	3,06
31850	47650	18	410.468	53	6,15	55	3,43

Ek-4.8'e Devam

X	Y	K_Linyit	Rezerv(m3)	Kal/kul	Std.sp(Ka/ku)	Misi	Std.sp(Misi)
31850	47800	18	405.180	60	6,88	63	3,97
31850	47950	22	494.820	47	5,44	52	3,33
31850	48100	25	557.033	45	5,13	43	2,77
31850	48250	25	561.420	43	3,95	46	2,98
31850	48400	27	600.795	36	3,35	50	3,23
31850	48550	29	655.133	29	3,39	49	3,10
32000	46450	28	637.178	27	3,13	51	3,38
32000	46600	27	616.613	29	3,36	48	3,14
32000	46750	28	623.655	28	3,20	53	3,49
32000	46900	27	604.868	28	3,24	49	3,17
32000	47050	25	559.238	26	3,01	50	3,32
32000	47200	23	507.533	28	3,17	52	3,33
32000	47350	20	442.238	46	1,70	57	3,53
32000	47500	19	434.813	49	1,79	64	3,90
32000	47650	22	494.393	39	1,43	47	2,95
32000	47800	23	518.243	41	1,49	51	3,33
32000	47950	20	446.513	50	1,84	51	3,17
32000	48100	17	378.833	49	1,80	64	4,04
32000	48250	19	420.638	45	1,67	61	3,92
32000	48400	24	537.908	39	1,42	61	3,86
32000	48550	28	640.980	29	1,87	51	3,33
32150	46600	32	712.148	28	2,00	62	4,04
32150	46750	29	648.653	28	3,26	55	3,52
32150	46900	24	550.058	32	3,67	54	3,49
32150	47050	22	484.560	31	3,58	47	3,08
32150	47200	20	447.413	45	1,65	53	3,36
32150	47350	18	415.958	47	1,74	59	3,85
32150	47500	21	480.128	39	1,43	49	3,17
32150	47650	23	513.180	40	1,46	49	3,13
32150	47800	22	502.740	43	1,59	45	2,85
32150	47950	21	464.535	44	1,63	53	3,32
32150	48100	19	433.665	35	4,06	65	4,15
32150	48250	21	483.053	27	3,12	63	4,08
32150	48400	24	533.520	30	3,41	63	4,03
32300	46600	28	635.085	28	3,24	49	3,01
32300	46750	31	697.050	30	3,50	51	3,18
32300	46900	26	574.223	32	3,65	47	3,07
32300	47050	18	408.465	42	2,85	54	3,75
32300	47200	22	502.875	39	2,39	55	3,69
32300	47350	15	326.453	57	1,79	69	4,82
32300	47500	23	511.245	48	1,53	45	2,91
32300	47650	22	485.010	53	1,68	50	3,27
32300	47800	21	479.858	38	2,16	53	3,46
32300	47950	22	483.750	29	3,38	65	4,06
32300	48100	24	548.168	40	2,44	66	4,13
32300	48250	28	633.060	31	1,74	61	3,91
32450	46600	34	760.410	31	1,75	51	3,37
32450	46750	34	772.695	34	3,94	55	3,41
32450	46900	27	600.300	29	3,35	50	3,16
32450	47050	18	397.013	49	2,12	57	3,63
32450	47200	11	256.253	59	3,05	67	4,52
32450	47350	11	245.970	46	2,60	68	4,33
32450	47500	20	449.843	51	3,06	49	3,34
32450	47650	19	437.153	48	3,56	63	3,84
32450	47800	21	474.750	31	3,54	69	4,26
32450	47950	23	516.083	30	3,49	64	3,78
32450	48100	28	638.955	29	2,92	58	3,46
32600	46900	34	755.213	29	3,33	61	4,11
32600	47050	33	746.910	32	3,66	61	3,03
32600	47200	31	702.518	31	3,58	47	3,05
32600	47350	24	536.108	36	4,15	64	3,77
32600	47500	14	313.695	40	3,53	58	3,73
32600	47650	11	243.225	42	2,70	51	1,63
32600	47800	26	575.415	30	3,43	49	3,31

Ek-4.9 Harmanlama ve Homojenleştirme Modellerinden Üretilen Sonuçlar

Stok No	Günler	Günler	Üretim(m3)	Kal/Kül	Std. Sp(g)	MİSİ	Std. Sp(g)	Kat. Sayısı	Hız	Kayıp(m3)	MİSİ(Std. Sp(g))	Kal/Kül(Std. Sp(g))
1	8	8	402256	31,7	8,3	45,0	15,7	62	23,1	271784	1,64	0,87
2	8	16	380765	29,2	9,2	45,0	15,9	64	23,9	285145	1,67	0,96
3	9	25	415035	29,5	9,6	45,0	16,3	67	25,0	257055	1,71	1,01
4	2	27	104589	29,0	2,4	45,0	2,6	2	0,7	385645	0,27	0,26
5	3	30	138720	29,0	2,3	45,0	2,6	2	0,7	418447	0,27	0,24
6	7	37	329220	29,0	2,4	45,0	2,5	2	0,7	363268	0,26	0,26
7	7	44	352800	29,6	11,1	45,0	20,1	91	37,7	355204	2,10	1,16
8	8	52	383822	31,1	12,5	45,0	19,2	91	34,3	335022	2,01	1,31
9	8	60	382553	32,6	9,1	45,0	13,0	43	16,1	160224	1,36	0,96
10	8	68	397487	33,3	9,8	45,0	11,7	35	13,1	180330	1,23	1,23
11	6	75	307520	33,5	13,1	45,0	14,2	51	19,0	36863	1,49	1,49
12	4	79	203290	30,9	12,1	45,0	16,1	65	24,3	179314	1,68	1,27
13	5	84	247974	34,9	12,6	45,0	13,0	43	16,1	168198	1,36	1,32
14	5	89	253193	33,0	3,4	45,0	3,8	4	1,5	217004	0,39	1,07
15	2	91	79309	29,0	2,9	45,0	3,2	3	1,1	248818	0,34	0,31
16	7	97	319687	31,9	10,7	45,0	15,8	63	23,5	316040	1,66	1,12
17	7	105	342986	32,7	11,5	45,0	15,2	58	21,7	300985	1,59	1,21
18	9	114	428578	33,8	11,4	45,0	17,5	77	28,7	217145	1,84	1,19
19	9	123	436818	37,0	13,8	45,0	16,8	71	26,5	117801	1,76	1,45
20	9	131	409142	32,7	10,4	45,0	12,8	41	15,3	238392	1,34	1,09
21	8	139	397298	33,9	11,5	45,0	15,7	63	23,5	286484	1,65	1,65
22	4	144	201406	29,0	10,9	45,0	12,8	42	15,7	296886	1,35	1,14
23	4	148	195561	32,7	11,9	45,0	22,1	91	40,0	116706	2,32	1,25
24	4	152	211521	29,0	12,4	45,0	12,9	42	15,7	207301	1,35	1,35
25	5	158	262185	32,1	9,3	45,0	13,3	44	16,4	175299	1,39	0,97
26	8	166	382802	31,7	8,7	45,0	11,0	31	11,6	126428	1,16	1,16
27	10	176	477601	37,4	15,1	45,0	17,6	78	29,1	83723	1,85	1,85
28	10	185	475852	30,9	13,3	45,0	16,7	70	26,1	74463	1,74	1,39
29	9	195	434986	30,9	13,1	45,0	15,5	61	22,8	133722	1,63	1,37
30	9	204	451707	33,1	14,2	45,0	16,1	65	24,3	127821	1,68	1,49
31	9	213	415589	38,6	12,8	45,0	15,6	61	22,8	153490	1,63	1,34
32	9	222	447924	33,2	10,7	45,0	12,7	41	15,3	125965	1,33	1,12
33	2	224	90617	29,0	12,5	45,0	15,2	58	21,7	363478	1,59	1,31
34	7	231	337897	33,9	11,0	45,0	18,6	87	32,5	221894	1,94	1,16
35	9	240	421864	29,0	8,6	45,0	9,7	24	9,0	201669	1,02	1,02
36	11	250	509944	30,4	12,0	45,0	12,5	40	14,9	120778	1,31	1,31
37	10	260	486928	35,2	10,3	45,0	15,1	57	21,3	131196	1,58	1,58
38	10	270	475114	29,4	7,4	45,0	16,8	71	26,5	181592	1,76	0,78
39	11	282	539184	32,3	10,8	45,0	17,2	74	27,6	67214	1,80	1,13
40	8	290	387521	31,5	10,6	45,0	12,6	40	14,9	299844	1,32	1,11
42	4	293	179042	29,0	9,7	45,0	21,3	91	40,0	659005	2,24	1,01
43	6	300	301791	38,2	12,6	45,0	20,0	91	37,3	152383	2,09	1,32
44	11	311	532098	31,6	11,2	45,0	14,1	50	18,7	52460	1,48	1,17
45	9	320	431480	32,3	10,5	45,0	14,1	50	18,7	121260	1,48	1,10
46	9	329	449729	32,0	15,3	45,0	17,6	78	29,1	88851	1,85	1,60
47	8	337	401821	37,2	14,6	45,0	19,7	91	36,6	133820	2,07	1,63
48	10	348	498855	32,4	8,2	45,0	11,2	32	11,9	216072	1,18	0,86
49	4	352	194119	36,7	14,1	45,0	15,8	63	23,5	520142	1,66	1,48
50	4	356	194648	30,3	9,3	45,0	13,2	44	16,4	569205	1,38	0,97
51	16	372	750578	32,3	9,8	45,0	10,4	28	10,5	35660	1,09	1,03
52	3	375	146358	32,1	11,0	45,0	11,5	33	12,3	472830	1,20	1,15
53	10	384	472577	29,8	9,3	45,0	16,7	70	26,1	60431	1,75	0,97
54	11	395	510466	29,8	10,6	45,0	17,6	78	29,1	88186	1,84	1,11
55	9	404	427462	30,2	9,1	45,0	18,0	82	30,6	198582	1,89	0,95
56	8	412	360155	31,0	8,3	45,0	15,2	59	22,0	288758	1,60	0,87
57	8	419	377228	40,7	12,3	45,0	12,4	39	14,6	282624	1,30	1,29
58	13	432	619300	36,1	11,2	45,0	14,3	51	19,0	0	1,49	1,49
59	13	446	645342	30,5	8,9	45,0	14,3	51	19,0	146487	1,50	0,93
60	3	449	150943	36,1	11,3	45,0	14,9	56	20,9	402265	1,56	1,18
61	15	463	698629	33,2	11,8	45,0	16,7	70	26,1	0	1,75	1,24
62	13	477	644923	33,2	10,6	45,0	12,5	39	14,6	77605	1,31	1,11
63	1	478	35960	46,4	19,8	45,0	24,1	91	40,0	388888	2,52	2,08
64	1	478	35030	47,9	18,1	45,0	25,1	91	40,0	452734	2,63	1,89
65	3	481	123490	44,7	14,0	45,0	20,5	91	39,6	522249	2,15	1,47
67	3	484	126197	44,3	10,1	45,0	19,9	91	37,3	490064	2,09	1,06
68	3	486	138039	51,8	10,7	45,0	22,7	91	40,0	503681	2,38	1,12
69	3	489	132039	29,0	9,7	45,0	11,1	31	11,6	623285	1,16	1,02
70	9	499	452541	33,9	6,2	45,0	13,1	43	16,1	206815	1,37	1,37
71	2	501	108225	34,3	10,3	45,0	11,7	35	13,1	585844	1,23	1,08

Ek-4.9'a Devam

Stok No	Günler	Günler	Üretim(m3)	Kal/Kül	Std. Sp(g)	MİSİ	Std. Sp(g)	Kat. Sayısı	Hız	Kayıp(m3)	MİSİ(Std. Sp(g))	Kal/Kül(Std. Sp(g))
72	11	512	529554	33,7	9,8	45,0	16,4	68	25,4	238003	1,72	1,02
73	12	524	582969	34,4	8,3	45,0	17,7	79	29,5	258714	1,86	0,87
74	2	526	108890	35,3	14,0	45,0	14,5	53	19,8	632291	1,52	1,47
75	14	540	660550	33,3	10,4	45,0	16,8	71	26,5	142137	1,76	1,09
76	14	555	695754	34,6	10,7	45,0	12,6	40	14,9	63827	1,32	1,12
77	11	566	535672	38,4	15,0	45,0	15,8	63	23,5	109078	1,65	1,58
78	6	572	308065	56,7	18,7	45,0	23,7	91	40,0	267226	2,48	2,48
79	3	575	139005	58,2	10,0	45,0	28,3	91	40,0	344040	2,97	1,05
80	8	583	369737	34,5	12,8	45,0	16,3	67	25,0	32892	1,70	1,70
81	8	591	375492	36,9	15,0	45,0	26,8	91	40,0	75288	2,81	2,81
82	10	600	459801	34,3	12,3	45,0	12,6	40	14,9	103012	1,32	1,29
83	9	609	438375	36,7	11,0	45,0	15,8	63	23,5	120389	1,66	1,66
84	4	613	179470	37,1	10,4	45,0	18,5	86	32,1	493206	1,94	1,09
85	2	615	110416	38,5	15,3	45,0	16,3	67	25,0	480700	1,70	1,60
86	10	625	470334	36,2	12,2	45,0	13,0	43	16,1	205929	1,37	1,28
87	11	636	538328	37,4	12,1	45,0	15,8	63	23,5	237714	1,65	1,27
88	14	650	665804	37,1	14,7	45,0	15,3	59	22,0	70124	1,60	1,60
89	16	667	786681	36,4	13,1	45,0	15,7	62	23,1	25837	1,64	1,38
90	14	680	656588	33,4	11,4	45,0	16,0	64	23,9	95108	1,67	1,20
91	9	689	409590	37,4	10,5	45,0	14,8	55	20,5	294090	1,55	1,11
92	8	697	391459	39,8	13,2	45,0	14,5	53	19,8	250603	1,52	1,38
93	8	705	367298	39,3	13,0	45,0	21,0	91	40,0	118381	2,20	2,20
94	8	713	400150	38,8	15,1	45,0	15,7	62	23,1	101561	1,65	1,65
95	12	725	557505	34,0	14,3	45,0	15,2	58	21,7	25853	1,59	1,59
96	7	732	354159	37,9	8,5	45,0	18,0	82	30,6	229875	1,89	1,89
97	3	735	139125	29,0	10,2	45,0	14,0	50	18,7	388614	1,47	1,07
98	4	739	196577	37,4	10,8	45,0	21,8	91	40,0	457218	2,29	1,13
99	12	751	563675	37,3	15,1	45,0	15,8	63	23,5	27393	1,65	1,65
100	12	763	586982	32,2	11,7	45,0	14,7	55	20,5	41779	1,54	1,23
101	12	775	583584	31,9	12,6	45,0	20,0	91	37,3	57386	2,09	1,32
102	4	779	211993	37,5	14,9	45,0	15,3	59	22,0	530682	1,60	1,57
103	12	791	573285	37,1	11,7	45,0	14,6	54	20,2	214586	1,53	1,23
104	2	793	98216	37,2	12,9	45,0	15,4	60	22,4	664910	1,62	1,35
105	10	803	473805	36,9	11,5	45,0	13,9	49	18,3	330631	1,46	1,21
106	10	814	498864	39,6	12,5	45,0	13,7	48	17,9	191767	1,44	1,31
107	10	824	471353	35,4	9,7	45,0	16,3	67	25,0	320792	1,71	1,02
108	12	836	583306	36,8	12,0	45,0	18,7	88	32,9	160910	1,96	1,26
110	4	840	183757	38,3	14,9	45,0	17,9	81	30,2	607670	1,88	1,56
111	1	841	71884	33,7	10,1	45,0	19,5	91	35,8	561328	2,05	1,06
112	2	843	76715	37,0	15,4	45,0	16,6	70	26,1	643800	1,74	1,81
113	10	852	461223	35,2	12,1	45,0	17,4	76	28,4	179676	1,82	1,26
114	1	853	47419	32,8	10,0	45,0	12,5	40	14,9	469748	1,31	1,04
115	1	854	44203	40,5	12,8	45,0	14,9	56	20,9	480346	1,56	1,35
116	1	855	51493	36,7	11,1	45,0	12,6	40	14,9	546331	1,32	1,16
117	11	866	517178	38,6	11,5	45,0	11,7	35	13,1	155854	1,23	1,21
118	13	879	634822	37,6	10,0	45,0	15,4	59	22,0	88569	1,61	1,61
119	12	892	597753	38,8	12,6	45,0	13,9	49	18,3	156229	1,46	1,46
120	13	905	645858	34,7	9,9	45,0	17,4	76	28,4	123546	1,82	1,03
122	15	920	712140	34,1	12,9	45,0	18,1	82	30,6	87236	1,90	1,35
123	5	925	234678	37,9	14,4	45,0	16,7	70	26,1	610735	1,75	1,51
124	5	930	257811	33,8	12,1	45,0	17,4	76	28,4	610371	1,82	1,27
125	14	944	676106	35,3	12,8	45,0	19,1	91	34,0	208742	2,00	1,34
126	16	960	746476	33,8	11,1	45,0	19,3	91	34,7	91385	2,02	1,17
127	5	965	263266	38,9	16,4	45,0	17,3	75	28,0	625532	1,81	1,71
128	6	971	274558	36,9	14,8	45,0	15,4	60	22,4	660032	1,62	1,55
129	6	977	274842	36,9	15,0	45,0	16,3	67	25,0	653867	1,71	1,58
130	16	993	760553	41,3	12,8	45,0	23,4	91	40,0	28813	2,46	2,46
131	14	1007	669561	37,0	13,0	45,0	15,6	62	23,1	178071	1,64	1,36
132	12	1019	592704	42,8	16,3	45,0	17,6	78	29,1	14213	1,84	1,84
133	10	1029	470096	40,7	16,0	45,0	16,8	71	26,5	163839	1,76	1,68
134	9	1037	413807	46,9	18,2	45,0	19,7	91	36,2	148471	2,06	2,06
135	4	1041	184400	52,7	14,7	45,0	26,3	91	40,0	398739	2,75	1,54
136	5	1046	217400	43,8	13,0	45,0	19,5	91	35,5	602855	2,04	1,36
137	14	1060	670031	40,3	14,6	45,0	17,3	75	28,0	55371	1,81	1,53
138	13	1073	630209	39,7	11,7	45,0	15,7	62	23,1	201640	1,65	1,22
139	15	1088	725078	35,0	11,3	45,0	16,3	67	25,0	149092	1,71	1,19
140	16	1104	790457	35,4	11,6	45,0	18,7	88	32,9	102663	1,96	1,21

Ek-4.9'a Devam

Stok No	Günler	Günler	Üretim(m3)	Kal/Kül	Std. Sp(g)	MİSİ	Std. Sp(g)	Kat. Sayısı	Hız	Kayıp(m3)	MİSİ(Std. Sp(ç))	Kal/Kül(Std. Sp(ç))
141	17	1122	827942	33,7	9,6	45,0	14,9	56	20,9	1261	1,56	1,00
142	13	1135	624086	31,0	9,7	45,0	17,7	78	29,1	316320	1,85	1,01
143	13	1148	638939	32,1	11,0	45,0	18,2	83	31,0	259402	1,90	1,15
144	4	1152	208854	29,2	11,8	45,0	16,5	68	25,4	653746	1,72	1,23
145	5	1157	245612	36,8	12,1	45,0	15,4	59	22,0	676768	1,61	1,27
146	16	1174	787368	36,5	13,3	45,0	15,7	62	23,1	0	1,65	1,40
147	14	1188	671805	32,9	11,5	45,0	23,2	91	40,0	137696	2,43	1,20
148	10	1198	486382	40,2	12,0	45,0	15,8	63	23,5	122321	1,65	1,65
149	9	1207	426188	41,9	15,6	45,0	21,9	91	40,0	213584	2,30	1,64
150	3	1210	133019	46,8	9,6	45,0	22,0	91	40,0	550110	2,30	1,00
151	12	1222	592709	48,9	14,5	45,0	26,7	91	40,0	31550	2,80	2,80
152	1	1223	48575	51,2	21,1	45,0	26,8	91	40,0	557093	2,81	2,21
153	1	1224	67950	51,9	18,5	45,0	26,4	91	40,0	579533	2,76	1,93
154	13	1237	600941	43,0	14,2	45,0	15,8	63	23,5	125036	1,65	1,65
155	2	1239	85212	33,9	11,6	45,0	11,8	35	13,1	716690	1,24	1,22
156	5	1244	244296	33,5	10,5	45,0	16,5	68	25,4	768099	1,72	1,11
157	19	1263	911906	30,8	10,0	45,0	16,8	71	26,5	1912	1,76	1,04
158	18	1280	848389	35,6	12,3	45,0	17,0	73	27,3	65975	1,78	1,29
159	16	1296	765980	30,8	10,8	45,0	18,0	81	30,2	93268	1,88	1,13
160	17	1313	797561	29,1	8,7	45,0	17,9	80	29,9	111310	1,87	0,91
161	18	1331	841648	29,0	9,7	45,0	15,4	60	22,4	7090	1,62	1,02
162	16	1347	775557	30,8	10,3	45,0	12,6	40	14,9	86320	1,33	1,08
163	18	1364	849613	32,7	10,5	45,0	12,7	41	15,3	43856	1,33	1,10
164	2	1366	86832	29,0	9,3	45,0	15,6	61	22,8	806237	1,63	0,97
165	17	1383	796011	34,0	10,0	45,0	14,6	54	20,2	0	1,53	1,53
166	12	1395	565459	43,2	10,8	45,0	17,7	79	29,5	0	1,85	1,85
167	1	1396	48823	45,4	15,1	45,0	19,5	91	35,5	493784	2,04	1,58
168	3	1398	130792	46,7	10,6	45,0	21,0	91	40,0	520151	2,20	1,12
169	3	1401	147524	46,0	12,3	45,0	21,3	91	40,0	528498	2,24	1,29
170	12	1413	564843	50,7	12,5	45,0	25,8	91	40,0	25776	2,70	2,70
171	1	1415	68881	49,7	21,0	45,0	25,8	91	40,0	580653	2,70	2,20
172	3	1417	124546	42,4	16,2	45,0	17,6	78	29,1	617253	1,84	1,69
173	12	1429	557033	44,7	15,6	45,0	15,7	62	23,1	252919	1,64	1,63
174	13	1441	601153	41,4	14,1	45,0	15,8	63	23,5	231229	1,65	1,47
175	18	1460	887497	32,6	11,4	45,0	15,2	58	21,7	0	1,60	1,19
176	18	1477	850648	32,4	11,7	45,0	18,5	86	32,1	108605	1,94	1,94
177	19	1497	928969	29,9	12,3	45,0	14,5	53	19,8	7690	1,52	1,52
179	15	1512	723072	32,0	10,5	45,0	20,5	91	39,6	183373	2,15	2,15
180	6	1518	281580	35,4	11,5	45,0	24,3	91	40,0	810979	2,55	1,20
181	2	1520	102827	33,7	15,3	45,0	34,8	91	40,0	597317	3,64	1,60
182	6	1526	268434	32,9	18,9	45,0	23,6	91	40,0	651218	2,47	1,98
183	2	1528	106582	32,7	12,7	45,0	14,8	55	20,5	645010	1,55	1,33
184	1	1529	68547	45,5	20,2	45,0	21,3	91	40,0	632167	2,23	2,12
185	1	1531	65222	47,9	22,3	45,0	23,5	91	40,0	624681	2,47	2,34
186	12	1542	569319	39,0	15,5	45,0	15,7	62	23,1	181097	1,64	1,64
187	16	1559	776835	42,2	17,4	45,0	20,2	91	38,5	0	2,12	2,12
188	14	1573	678617	46,5	16,2	45,0	20,1	91	37,7	45163	2,10	2,10
189	1	1574	60613	48,3	20,5	45,0	20,8	91	40,0	607199	2,18	2,15
190	1	1575	50477	47,3	20,8	45,0	26,9	91	40,0	514017	2,82	2,18
191	2	1577	75307	40,2	20,2	45,0	22,4	91	40,0	551841	2,34	2,11
192	2	1578	83327	31,0	14,7	45,0	23,0	91	40,0	638176	2,41	1,54
193	2	1580	92579	32,5	18,1	45,0	30,1	91	40,0	742085	3,16	1,90
194	2	1583	110271	29,6	13,5	45,0	15,3	59	22,0	704125	1,60	1,42
195	2	1584	88009	34,3	12,0	45,0	15,9	64	23,9	695620	1,67	1,26
196	12	1596	565796	31,8	12,6	45,0	14,3	52	19,4	169662	1,50	1,32