

*Türkiye 12. kömür Kongresi Bildiriler Kitabı, 23-26 May2000, Zonguldak-Kdz. Ereğli, Türkiye
Proceedings of the 72nd Turkish Coal Congress, 23-26 May2000, Zonguldak-Kdz. Ereğli, Türkiye*

ÇAN LİNYİT SAHASININ REZERV HESABI VE TERMİK SANTRALDE DEĞERLENDİRİLEBİLİRLİĞİ

REZERV CALCULATION AND EVALUATION OF ÇAN LIGNITES FOR THE POWER PLANT

**Ali KAHRİMAN, Bedri İPEKOĞLU, Ayhan KESİMAL, Güngör TUNCER,
Abdülkadir KARADOĞAN ve Savaş GÖRGÜN, İstanbul Üniversitesi, Mühendislik
Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, 34850, Avcılar-İstanbul**

ÖZET

Halen TKİ Genel Müdürlüğü tarafından ısıtma amaçlı olarak üretim faaliyeti sürdürülmekte olan Çanakkale-Çan Havzasında yer alan linyit rezervinin, uygun bir kapasite ve üretim planlaması ile ısıtma ve sanayi ihtiyaçlarını karşılamaktan başka, termik santralde değerlendirilerek artan enerji talebini bir ölçüde de olsa karşılaması mümkün olacaktır. Rezervin termik santralde değerlendirilmesine yönelik olarak, üretim planlaması, ocak dizaynı ve böylece bölgede yürütülen madencilik faaliyetlerinin daha verimli, ekonomik ve en az çevre sorunu yaratacak şekilde planlanması bu araştırmanın hedefini oluşturmuştur.

Yapılan değerlendirme ve hesaplar sonucunda; sahada 79 000 000 ton üretilebilir rezerv bulunduğu, bunun 17 000 000 ton'luk yüksek ısı değerli kısmının ısıtma amaçlı kullanılabileceği ve geri kalan ortalama 2417 Kcal/kg alt ısı değerli kısmının ise 2x160 MW kapasitedeki termik santrali 30 yıl süreyle, ekonomik limitler içinde besleyebileceği anlaşılmıştır.

ABSTRACT

At present, production activities in Çanakkale-Çan lignite basin belonging to TKI Central Office are run for meeting domestic purposes. Apart from domestic and industrial consumption, it is possible to meet energy demand using them at power plant with scheduling proper capacity and production planning, in one way. Towards the establishing the power plant the aim of this study consists of production planning, mine design and thus planning mining activities in site more efficient, more economic and creating environmental problems at the very least.

As a result of comprehensive evaluations and calculations it is observed that the mine has totally 79,000,000 tonnes mineable coal reserve, of these 17,000,000 tonnes with high calorific value will be sent to domestic use and the rest low calorific value of 2417 Kcal/kg on average will be utilised economically in the power plant with a capacity of 2x160 MW for 30 years.

1. GİRİŞ

Ülkemizde sanayileşme hızındaki artışa bağlı olarak, enerji talebinde önemli artışlar söz konusudur. Hidrolik enerji kapasitemizin sınırlılığı, petrol ve doğalgaz rezervlerinin santral kurmaya yeterli olmayışı, 1999 yılı içinde atılan bazı olumlu adımlara rağmen, dış ülkelerden karşılanacak doğalgaz projelerinin istikrarlı bir bağlantı ile sonuçlandırılmasının güçlüğü nedeniyle linyit kömürüne dayalı termik santrallerin kurulması, ister istemez gündeme gelmektedir. Öte yandan ülkemizin linyit potansiyeli irdelendiğinde, yaklaşık 8.4 milyar ton düzeyinde olduğu bilinen rezervlerimizin, çok önemli kısmının, nitelik açısından ısıtma ve sanayide kullanma olanaklarının kısıtlı olduğu görülmektedir. Bu nedenle linyit varlığımızın çok büyük bölümünün termik santrallerle değerlendirilebilmesi sonucu ancak bir katma değer yaratabileceği anlaşılmaktadır

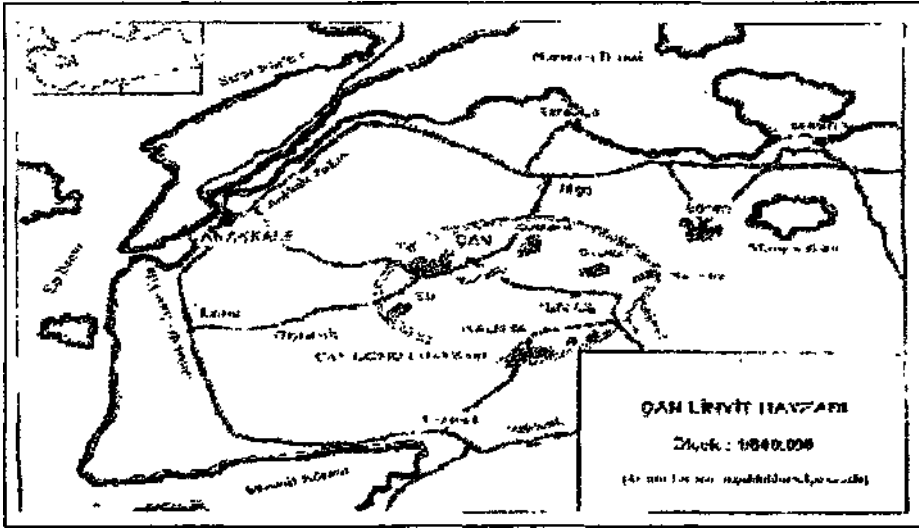
T.K.I. Çan Linyitleri İşletmesi'nde kurulması kararlaştırılan Termik Santrale yönelik olarak, üretim planlaması ve ocak dizaynı ile bölgede yürütülen madencilik faaliyetlerinin daha verimli, ekonomik ve en az çevre sorunu yaratacak şekilde planlanması düşünülmektedir. Dolayısıyla bu çalışma kapsamında; öncelikle Çan Linyit Sahasının, oldukça geniş bir ısı değer aralığında değişim gösteren rezervinin doğru bir şekilde hesaplanması ve bundan hareketle hem enerji hem de ısıtma amaçlı üretim planlamasına gidilmesi amaçlanmıştır

2. ÇALIŞMA SAHASI

Çan Linyit Havzası'nı; TKI'nin elinde bulunan saha ile Çomaklı, Kalkım, Çırpılar, Mancılık ve Etili sahaları oluşturur. Havza'da en büyük rezerve sahip olanı TKİ sahasıdır. Havza'nın konumu ve linyit sahalarının yerleri şematik olarak Şekil 1'de gösterilmiştir. TKİ Sahası, Çan ilçe merkezinin bitişiğinde, Çanakkale il merkezine 79 km, Bursa'ya 235 km. uzaklıktadır.

Çan Linyit Sahasının alt kısımlarında ekonomik linyit damarı bulunan Kömür formasyonu, Durali köyünün 1.5 km. kuzey doğusunda Çan-Çanakkale yolunun kenarındaki 3 no.lu açık işletmede tipik olarak görülür. Kalınlığı 30-300 m. arasında değişen bu formasyon alttan itibaren şu seviyelere ayrılır (Parlak, 1997).

- Taban Konglomeraları: Kalınlığı 0 ile 2 m. arasında değişen, iyi yuvarlaklaşmış iri volkanik çakıllardan oluşur.
- Linyit Horizonu: Kalınlığı 0 ile 65 m. arasında değişir ve çeşitli kalınlıkta linyit, killi linyit, linyitli kil seviyeleriyle tamamen steril kil, tüfit arakesmelerinden oluşur.
- Tüfitik Kumtaşı: Kalınlığı 1,5 ile 2,5 m. arasında değişir. Linyit horizonu üzerine uyumlu olarak gelir.
- Aglomeratik Breş: Çeşitli irilikteki sert, köşeli andezit parçalarının sıkı bir şekilde çimentolaşmasıyla oluşur. Kalınlığı 20-90 m. arasında değişen bu formasyon tipik olarak Çan 3-5 açık işletmelerinde mostra verir ve doğuya doğru incelenerek kaybolur.
- Laminallı Kil-Çamurtaşı-Tüfit Ardalanması: Kalınlığı 20-90 m. arasında değişen bu formasyon ince tabakalı, yer yer laminallı kil, marn, tüfitik çamurtaşı gibi kayaların ardalanmasından oluşur ince tabakalı oldukça yumuşak olan bu formasyonun kazılması kolay olup patlayıcı madde kullanılmasını gerektirmez.



Şekil 1. Çan linyit sahası

3. MEVCUT VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ VE DENEYSEL BULGULAR

Çan Linyit Havzası'nda, günümüze kadar değişik zamanlarda çok sayıda sondajlı arama çalışması yapılmıştır. Ancak, yapılan sondajların bir çoğunun yeteri kadar veriye sahip olarak değerlendirilemediği görülmektedir. Bazı sondaj verilerinin yoğunluk, bazılarının ısı değer, bazılarının da kimyasal analiz yönünden yetersiz olduğu anlaşılmaktadır. Bu nedenle sahadaki rezervin nitelik ve miktarı; kurulacak termik santralin ömrünü, işletmenin varlığını, yatırımın miktarını ve üretimin maliyetini bire bir etkilediğinden, hesaplanabilmesi amacı rezerv hesaplama parametreleri ayrıntılı olarak ele alınmıştır.

3.1. Bazı Sondajlarda Verilmemiş Olan Alt Isıl Değerlerin (AID) Tahmini

Saha genelinde ısı değer dağılımını görebilmek amacıyla, geçmiş yıllarda yapılan sondajlı çalışmalardan yararlanılmıştır (....., 1957-1996). Bu veriler incelendiğinde, yapılan rezerv arama sondajlarının bir kısmında ısı değerleri mevcut değildir. Sondajların analitik verilerinden AED'nin rutubet ve kül miktarları ile ters orantılı değiştiği düşüncesinden hareketle, AID' nin rutubet ve kül miktarına bağlı olarak (rutubet ve külün fonksiyonu olarak) belirlenebileceği bir anlamlı ilişkinin ortaya konulmasına çalışılmıştır. Bu amaçla, analiz verileri tam olan 169 adet sondaj kullanılmıştır. Bunun için, Statgraph V.5 programı kullanılarak bilgisayar destekli çoklu regresyon analizi yapılmıştır. Çoklu regresyon analizi sonucu rutubet (R) ve külün (K) fonksiyonu olarak aşağıdaki AID eşitliği elde edilmiştir (İpekoğlu v.d, 1999)

$$AID = -56.4843R - 72.7271K + 6237.3691, (r^2 = 0.959) \quad [1]$$

Elde edilen bu anlamlı eşitlikten yararlanılarak, kömürün orijinal bazdaki bilinen kül ve rutubet değerlerinden gidilerek alt ısı değerleri kolayca bulunabilmektedir. Elde edilen bu eşitliğin geçerliliğini göstermek için örnek olarak, AID 2475 Kcal/kg, kül miktarı % 36.6 ve rutubeti % 20.4 olarak bilinen 145 No'lu sondajın, yukarıdaki eşitlikten 0.98'lik korelasyonla AID 2423 Kcal/kg olarak bulunmuştur. Bu eşitlik kullanılarak, verileri eksik olan geçmiş yıllardaki sondajlara alt ısı değerleri için tahminler yapılarak atamalar yapılmış ve bu değerlerle saha geneli irdelenmiştir.

3.2. Kömür Yoğunluğunun Belirlenmesi

Sondajlarda kesilen kömür seviyelerinin herbirinin yoğunluğunun belirlenmemiş olması rezerv hesabının hassasiyeti bakımından önem arz etmektedir. Rezerv hesabında bu olumsuzluğu gidermek amacıyla kömür analiz değerleri ile yoğunluk arasında kabul edilebilir bir ilişkinin kurulması önem taşımaktadır. Bu amaçla, çalışılan ocaktan yeni örnekler alınarak yoğunluk testleriyle birlikte AID ve diğer analizlerin yapılması gerekli olmuştur. Bu araştırma kapsamında sahadan örnekler alınarak yapılan yoğunluk testleriyle birlikte AID ve diğer analizleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1 Çan 2 ocak örneklerinden elde edilen analiz ve yoğunluk bulguları

Kalınlık (m)	ANALİZ DEĞERLERİ					Yoğunluk (t/m ³)
	Rutubet C/o	Kül (%)	AID (Kcal/kg)	Toplam % S	Yanıcı %S	
2 (üst Mat)	18.00	54.45	2258	5.78	5.16	1.66
5 (Üst Kömür Damani) (3 Örnek) Ortalama	21.00	11.00	4748	6.10	5.76	1.37
	20.30	10.10	4877	5.53	5.17	1.32
	20.50	8.90	4967	5.50	5.29	1.30
	(20.60)	(10.0)	(4864)	(5.71)	(5.41)	(1-33)
3 (Orta Mat Damani)	10.00	30.20	3654	8.24	7.92	1.68
0 6 (Ara Kesme)	7.50	86.55	—	0.89	0.49	2.34
4 (Alt Kömür Damani) (2 Örnek) Ortalama	22.00	10.87	4624	4.34	4.30	1.31
	22.00	19.73	4069	4.52	4.32	1.35
	(22.00)	(15.3)	(4346)	(4.43)	(4.31)	(1.33)
4 (Alt Mat Damani)	17.50	53.40	2144	7.47	6.64	1.82
18.6 (Toplam)	17.58	30.76	3535	6.07	5.64	1.56

Çizelge 1'deki AID ve yoğunluk (d) bulgularından hareketle yapılan basit regresyon analizi sonucunda aşağıda verilen yüksek korelasyonlu ilişki saptanmıştır.

$$d = - 0.0002 \times \text{AID} + 2.1275 \quad (/ = 0.917) \quad [2]$$

Yoğunluğu bilinmeyen sondajlardaki kömür seviyelerinin yoğunluk tespiti bu ilişkiden hareketle yapılmıştır. Çizelge 1'in tetkikinden görüleceği üzere, yoğunluklar genel olarak alt ısıl değer miktarı ile ters orantılı değişim göstermekte ancak, kural dışı kısımlar da bulunmaktadır. Üst kömür damanından alınan örneğin ortalama değerleri AID = 4864 Kcal/kg ve yoğunluk 1.33 t/m³; alt kömür damanından alınan iki örneğin ortalama değerleri ise AID 4346 Kcal/kg, yani üst damara göre 518 Kcal/kg daha az olduğu halde yoğunluk yine aynı ve 1.33 t/m³'dür (İpekoğlu v.d, 1999).

4. REZERV - DEKAPAJ MİKTARI HESABI VE KAPASİTE TESBİTİ

4.1. Rezerv Hesaplarında Dikkate Alınan Hususlar

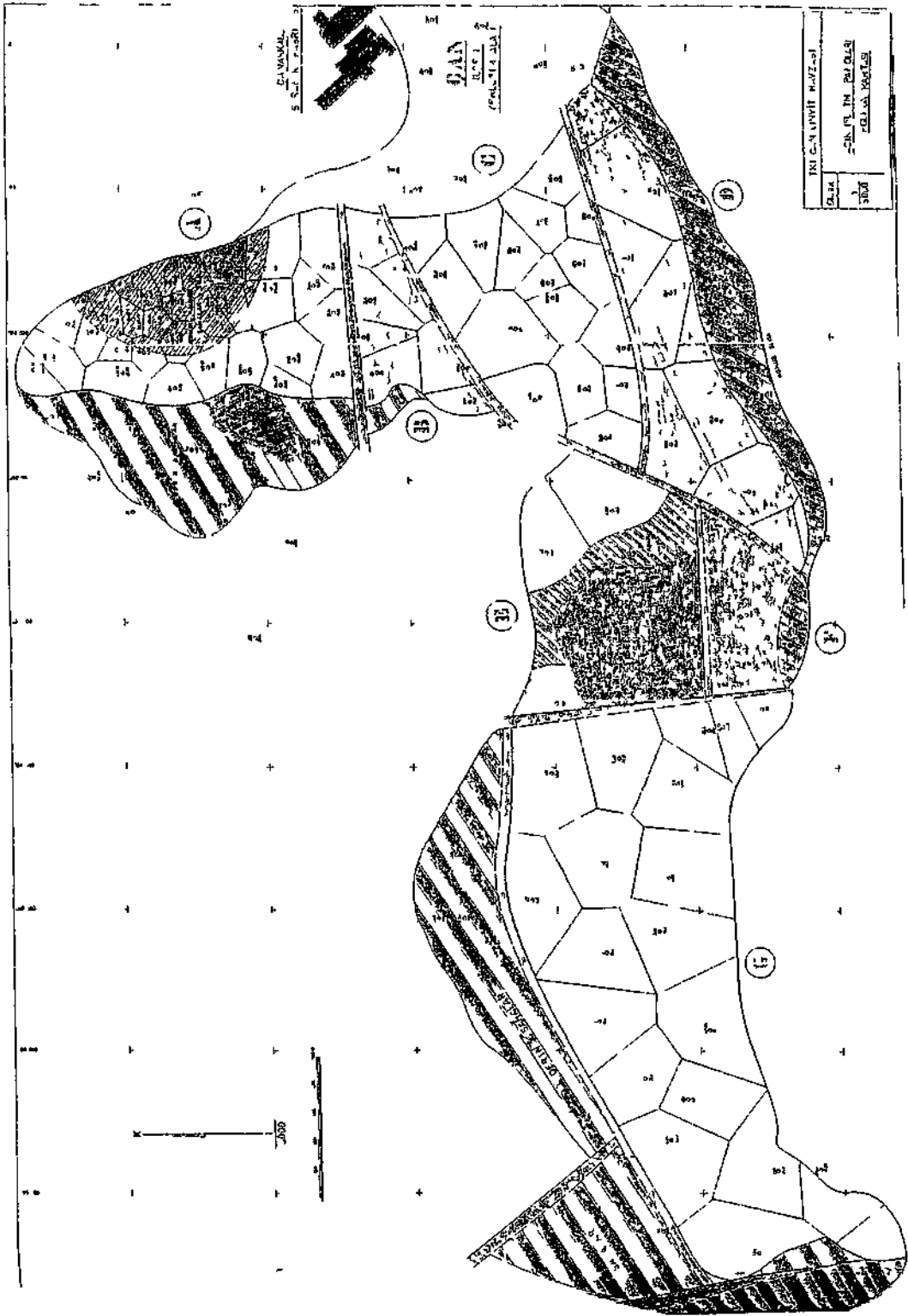
- Kömür kesen sondajlar tek tek incelenerek üretilebilir damar kalınlıkları saptanmıştır.
- Stamplan mevcut olmayan, ancak yerleri İşletme planları üzerinde görülen ve varlığı bilinen sondajlara ait tamamlayıcı bilgiler de aynen kullanılmıştır.
- Prensip olarak, 0.50 m'den ince arakesmeler, üretilebilir kalınlığa dahil edilmiştir.

- d) Esas damarın tabanında daha derinde bulunan, yüksek çalışma oranı veren, kot ve benzerlik olarak bitiştirindeki sondajlarda ekonomiklik göstermeyen ince damarlar alınmamıştır.
- e) Çalışma oranı 15-20 m³/ton gibi yüksek olduğu halde açık işletme sahası ortasında kalan bazı sondajlar da açık işletme rezervine dahil edilmiştir.
- f) İki fay arasında kalan ve "Tampon Bölge" olarak tanımlanan fakir sahadaki ince damarlar rezerve dahil edilmemiştir.
- g) Çan l'in batısında, Çan 3-5'in kuzeyinde yer alan yüksek çalışma oranlı kısımlar açık işletme sınırı dışında bırakılmıştır.
- h) Çan ilçesi yerleşim sahası altında kalan kısımlar, çevresel etkiler oluşturmamak amacıyla Çan Topuđu olarak değerlendirilmiştir.
- i) Steril arakesmelerin rutubeti %25, orijinal külü %75 ve ALD=1 Kcal/kg kabul edilmiştir.
- i) Üretilcek damara, tavandan ve tabandan 10 cm. kalınlığında ve ayrıca dekapaj yapılacak ara kesmeden de aynı miktarda taş-toprak karışacağı varsayılmıştır
- k) Kömür kesen sondajların komşu 3 adedinin birleştirilmesiyle meydana gelen üçgenlerin kenar ortaylarının kesiştirği noktalar poligon köşelerini oluşturmuştur.
- l) Damar tavan izohipslerinin değerlendirilmesiyle, çizilen fayların yatımları 45° ve kayma yüzeyleri kömürsüz kabul edilmiştir.
- m) Jeolojik faktör olarak, sondajların sıklığı, kesilen damar kalınlıklarının yanal değışimleri, fay sınırına yakınlıkları gibi parametreler dikkate alınarak 0.7-1.00 değıerleri kullanılmıştır.
- n) Sondajların etki alanlarını belirleyen poligonlar planimetre ile ölçülmüştür
- o) Açık işletme üretim kaybı %10 alınmıştır.
- p) Poligon alanı, kesilen üretilebilir kömür kalınlığı, jeolojik faktör ve o sondaja ait ortalama AJJD'ye göre Eşitlik 2'den bulunan yoğunluk değıeri ve üretim kaybı çarpılarak, her sondajın temsil ettiğı rezerv hesaplanmıştır.
- r) SURFER 6.02 (1993-1996) ve Whittle 4-D (1997) paket programları kullanılarak da rezerv hesabı yapılmış ve ortalama değıerler alınarak saha rezervi kesinleştirilmiştir (İpekoğlu v.d, 1999).

4.2. Rezerv Hesaplama Yöntemi

Rezerv hesabında esas olarak poligon yöntemi uygulanmıştır. Kömür kesen sondajlar, loğlarında mevcut koordinat değıerlerine göre 1/5 000 ölçekli plan üzerine taşınarak Şekil 2'deki poligon haritası hazırlanmıştır. Her sondajın etki alanına ve kömürü keştirği kot değıerlerine göre atım ve güzergahları belirlenen faylar, aynı plan üzerinde gösterilmiş ve bu suretle poligon haritası meydana getirilmiştir. Poligon alanları planimetre ile ölçülerek ve üretilebilir kömür kalınlıkları, jeolojik faktör, üretim kaybı ve yoğunluk gibi gerekli parametreler kullanılmak suretiyle üretilebilir rezerv, yani tüvenan miktarı hesaplanmıştır.

Ayrıca jeolojik kesit yöntemi ile SURFER 6.02 ve Whittle 4-D paket programları kullanılarak da rezerv hesapları yapılmıştır. Özellikle daha çok metal madenlerinde ocak optimizasyonu için kullanılan Whittle 4-D programını linyit ocağına uygulama düşüncesi kapsamında, hazırlık için oluşturulan blok modeli ile belli hacimdeki linyit blokları sayılmış ve yoğunlukları da dikkate alınarak rezerv hesabı yapılmıştır. Bu şekilde elde edilen rezerv değıerlerinden, saha linyit rezervinin oldukça doğru bir



Şekil 2 Çan linyit sahasının poligon haritası

sonuçla ifade edilebileceği anlaşılmıştır. Saha rezervinin belirlenmesine yönelik olarak öncelikle, tabakalı yapı arzemesi nedeniyle poligon yöntemi kullanılmıştır. Her bir pano rezervi, ilgili sondaj verilerinden hareketle ayrı ayrı belirlenmiştir. Buna göre poligon yöntemiyle hesaplanan rezerv miktarları Çizelge 2'de verilmiştir (İpekoğlu v.d, 1999).

Çizelge 2. ("an açık işletmesinin poligon yöntemiyle rezerv hesabı (ipekoğlu vd, 1999).

Panolar	Toplam Poligon Alanı (m ²)	Kömür Kalınlıkları (m)		Katsayılar			Rezerv Miktarı Üretilebilir (1000 ton)
		Horizon	üretilebilir	Jeolojik Faktör	üretim Kaybı	Yoğunluk (t/m ³)	
A	340022	18.0	16.5	0.92	0.9	1.52	7130.5
B	125570	26.3	23.3	0.87	0.9	1.50	3429.0
C	434986	29.8	27.0	0.84	0.9	1.50	13322.5
D	446009	28.3	23.5	0.83	0.9	1.51	12052.0
E+F	263235	16.7	14.8	0.84	0.9	1.51	4362.0
G	1388351	24.7	22.0	0.91	0.9	1.57	39178.0
Toplam	2998173						
Ortalama		24.5	21.7	0.88	0.9	1.53	79474.0

4.2.1. Çan Linyit Sahasına SURFER Programının Uygulanması

Çan Linyit Sahasının kömür ve dekapaj miktarlarını belirlemek amacıyla SURFER 6.02 Programı da uygulanmıştır. Programın uygulanabilmesi için sahada yapılan sondaj verilerinden yararlanılmıştır. Sahada daha önce yapılmış olan ve poligon haritasında yer alan sondajların X, Y, Z koordinat değerleri ile her sondajın yüzeyden kömür damarına giriş ve çıkış mesafeleri programın data dosyalarına işlenmiştir.

Kömür rezervini bulmak için; saha, Şekil 2'deki poligon haritasında görüldüğü gibi 6 (A, B, C, D, E+F, G) panoya ayrılmıştır. Dekapaj hesabı için saha, konumu gereği L şeklinde olduğu için iki blok gibi düşünülerek hesaplanmıştır. Birinci blok model, G ve (E+F) panolarını, ikinci blok model ise A, B, C ve D panolarını kapsamaktadır. Sahadan alınan kesitler üzerine sahanın heyelanlı bölgesinde 21°, diğer bölgelerde 27°'lik genel basamak eğim açısı verilerek her yönde sahanın maksimum sınır noktaları belirlenip data dosyalarına işlenmiştir. Programın çalıştırılması sonucunda sahanın kömür rezervi ve dekapaj miktarı Çizelge 3'deki gibi hesaplanmıştır.

Çizelge 3. SURFER programı ile hesaplanan rezerv miktarı (ipekoğlu v.d, 1999)

Pano Adı	Hacim (m ³)	Yoğunluk (t/m ³)	Jeolojik Faktör	Üretim Kaybı	Üretilebilir Rezerv Miktarı (Ton)
A	4 176 780	1,52	0,92	0,9	5256728
B	3 064 120	1,5	0,87	0,9	3598808
C	12 023 200	1,5	0,84	0,9	13634308
D	9 405 350	1,51	0,83	0,9	10608952
E+F	2 385 490	1,51	0,84	0,9	2723179
G	33 112 500	1,57	0,91	0,9	42577045
Toplam					78 399 000

4.2.2. Çan Linyit Sahasına Whittle 4-D Paket Programının Uygulanması

Çan Linyit Sahası için optimum açık ocak oluşturmak amacıyla; Whittle 4-D Paket Programı kullanılmıştır. Programa veri sağlamak için sahada 10 m aralıklarda kesitler alınarak blok modeller oluşturulmuştur. Çan Linyit Sahasının; topoğrafik konumu L şeklinde olduğu için, sahada 2 blok model oluşturulmuştur. Birinci blok model; G ve (E+F) panolarını, ikinci blok model ise A, B, C ve D panolarını kapsamaktadır. Her iki blok için alınan kesitler üzerinde X, Y, Z boyutları sırasıyla 10x10x10 m olacak şekilde bloklar oluşturularak; program için blok verileri elde edilmiştir ve bu veriler bilgisayara model dosyası halinde aktarılmıştır (Whittle 4-D, 1997).

Bu aşamadan sonra; daha çok düşük tenörlü metal madenlerinin ocak planlamasında kullanılan ve esas olarak Lerchs-Grossman yöntemine dayanan Whittle 4-D Programının bu saha için uygulanamayacağı, programın çalıştırılması neticesinde (kullanılan parametrelerin farklılığı nedeniyle) anlaşılmıştır. Ancak; söz konusu programa veri sağlamak amacıyla, daha önce sondaj verilerinden ve saha haritalarından yararlanarak alınan çok sayıda kesit üzerinde sahanın çok detaylı boyutlarda bloklara ayrılmış olmasından yararlanılmak istenmiştir. Bunun için; kesitler üzerinde kömür rezervi ve dekapaj miktarını belirlemek amacıyla; iki ana blok model (Linyit yayılım sınırları dikkate alındığında L şeklinde bir yayılım gösterdiği ve her iki kanadın ayrı birer blok olarak ele alınıp değerlendirilmesi pratik bulunmuştur) içindeki bütün blokların alanları hesaplanarak, kömür ve dekapaj yoğunlukları da dikkate alınarak, Çan Linyit Sahasının kömür rezervi ve dekapaj miktarı bulunmuştur.

4.2.3. Hesaplanan Saha Rezervinin Alt Isıl Değerlere Göre Kategorileri

Üç farklı yöntemle yapılan linyit rezerv hesap sonuçları Çizelge 4'de toplu olarak verilmiştir. Çizelge'den de görüleceği üzere her üç yöntemle belirlenen rezerv miktarları birbirini teyit eder niteliktedir. Çok önemli sapmalar bulunmamaktadır. Saha rezervi için ortalama değer hesap edilmiş ve standart sapması belirlenmiştir. Buna göre kesinleştirilen rezerv miktarı; 79 000 000 ton'dur (üretilebilir olan kısımlar hesaba katılmamıştır).

Çizelge 4. Farklı yöntemlerle hesaplanan çan linyit sahası linyit rezervi (ton) (İpekoğlu v.d., 1999)

	Poligon Yöntemi	Surfer Programı	Whittle 4-D Programı
1.Blok (E+F+G)	43 540 000	45 300 000	44 940 000
2.Blok (A+B+C+D)	35 934 000	33 098 000	34 120 000
Toplam	79 474 000	78 399 000	79 060 000
Ortalama	79 000 000 ± %0.69		

Çizelge 5'de panolar bazında verilen rezerv kategorilerinden de detaylı olarak görüleceği üzere, sahanın ortalama üretilebilir toplam rezervi 79 000 000 ton'dur. Bu değer in önceki dönemlerde hesaplanan rezervlerden (TKİ, 1995 - 78 000 000 ton ve Parlak, 1997 - 82 000 000 ton) çok az da olsa farklı olmasının esas nedeni, bu çalışma çerçevesinde yoğunluk testlerinden hareketle her bir sondajda kesilen kömür seviyelerine değer taşınmasıdır. Aynı çizelgeden görüleceği üzere 2000-3000 Kcal/kg'lık dilimde yer alan rezerv miktarı, tüm rezervin %49'u kadardır.

Çizelge 5 Panolar itibariyle rezerv ve AID dilimleri (1 000 ton) (Ipekoğlu v d, 1999)

AID (Kcal/kg)	A	B	C	D	E+F	G	TOPLAM	%
<1000	-	-	-	100	-	190	300	04
1001-2000	30	600	2000	2700	430	8100	13900	17 0
2001-3000	3600	2500	8100	4140	1570	18290	38200	49.0
3001-4000	1750	610	2450	2950	100	14600	22500	28.5
4001-5000	100	250	1380	1090	-	1180	4000	5.1
Toplam	5500	4000	14000	11000	2100	42400	79 000	100

Öte yandan benzer şekilde, kömür analiz değerleri de üretim planlamasında dikkate alınabilir düşüncesiyle, panolar bazında irdelenmiştir. Değerlendirme sonuçları toplu halde Çizelge 6'da gösterilmiştir. Sahada yer alan linyit rezervinin ortalama rutubet oranının %22.2, kül oranının %30.7, kükürt içeriğinin %2.97 ve alt ısı değerinin 2782 îcal/kg olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 6. Panolar ATD, rutubet ve kül değerleri (Ipekoğlu v.d, 1999)

Pano No.	Rutubet (%)	Kül (%)	Kükürt (%)	AID (Kcal/kg)
A	13,2	39,1	2,79	2826
B	18,0	35,7	3,47	2709
C	19,1	33,2	4,36	2910
D	18,2	36,4	4,38	2801
E + F	26,7	27,0	2,41	2740
G	26,4	26,2	2,03	2731
HAVZA	22,2	30,7	2,97	2782

Kazanılan açık ocak bulgularının özet olarak yer aldığı tüm bu tabloların tetkiklerinden elde edilen sonuçlara göre, 79 milyon ton üretilebilir havza rezervinin ortalama alt ısı değeri 2782 Kcal/kg olup, rezerv miktarının yaklaşık yarısını 2001-3000 Kcal/kg AID dilimi oluşturmaktadır. Üstün kaliteli olan 4001-5000 Kcal/kg AID dilimi ise %5 civarındadır. Kükürt içeriğinin yüksekliği de bu değerle birlikte dikkate alındığında, ısıtma amaçlı rezervin son derecede kısıtlı olduğu görülmektedir (Ipekoğlu v d, 1999).

4.3. Dekapaj Hesaplama Yöntemi

Dekapaj hesabında SURFER ve Whittle 4-D paket programları ile birlikte jeolojik kesit yöntemi ve poligon haritası kullanılmıştır. Bu amaçla saha genelini karakterize eden belirli aralıklarda en ve boy kesitler oluşturulmuş, sondaj ve imalat verileri dikkate alınarak jeolojik verilerle yorumlanmıştır.

Fay atım yüzeyleri değişik değerlerde olmakla beraber, ortalama 45° kabul edilmiştir. Araştırmacıların uygulamadaki tesbit ve deneyimlerine göre, dekapaj şev açılan da malzemenin cinsine, katmanların meyil ve örselenme durumlarına ve su içeriklerine göre değişik değerlerde olmakla beraber heyelanın yaygın ve etkin olduğu kısımlarda ortalama 35°, dekapaj ilerleme hızının heyelan ilerleme hızından fazla olduğu kısımlarda 40-45° civarındadır. Bununla birlikte bu araştırma kapsamındaki hesaplamalarda kullanılmak üzere, çalışma alanında oluşan heyelan dikkate alınmıştır. Ocak genel eğim açısı, saha gözlemleri ve işletme yetkililerinin tecrübelerine dayalı olarak, heyelanın kanatta 21° ve diğer kanatta ise 27° olarak alınmıştır. Dekapaj

hesabında SURFER ve Whittle 4-D programları ile birlikte jeolojik kesit yöntemi kullanılarak elde edilen dekapaj miktarları Çizelge 7'de verilmiştir (İpekoğlu v.d, 1999).

Çizelge 7. Farklı yöntemlerle hesaplanan çan linyit sahasının dekapaj hacmi (m) (İpekoğlu v.d, 1999)

	Kesit Yöntemi	Surfer Programı	Whittle 4-D Programı
1.Blok (E+F+G)	494 443 000	485 492 000	495 000 000
2.Blok (A+B+C+D)	323 760 000	353 656 000	332 539 000
Toplam	818 203 000	839 148 000	827 539 000
Ortalama	829 000 000 ± %1.27		

4.4.Yıllık İşletme Kapasitesi Tesbiti

4.4.1. Piyasaya Verilecek Kömürün Miktar ve Kalitesi

Çan kömürleri nisbeten kaliteli (kükürt içerikleri dışında) olduklarından yakın zamana kadar piyasada talep görmekte iken, son zamanlarda çevre sorunları, ithal kömür ve doğal gaz gerçeği karşısında taleplerde azalma olmuştur. 1988 yılında 994 000 ton olan üretim son yıllarda ortalama 500-600.000 ton/yıl seviyesine düşmüştür. Bu düşüşün 500 000 ton/yıl miktarına kadar devam edeceği ve termik santrale verilecek kömürden ayrı, ısınma amaçlı 500 000 ton/yıl parça kömür üretileceği öngörülmüştür.

Çizelge 5'de gösterilen ısı değeri 4000 Kcal/kg'nin üzerinde olan 4.000.000 ton'un tamamı ile 3001-4000 Kcal/kg AİD'li 22 500 000 ton rezervin 13 000 000 tonu ısınma amaçlı kullanıldığı takdirde proje uygulama süresince piyasaya ortalama 3500 Kcal/kg dan daha fazla AİD'li 500 000 ton/yıl parça kömür verilebilecektir. 4 yıllık yatırım döneminde de aynı miktar linyitin ısınma amaçlı olarak piyasaya verileceği dikkate alındığında toplam 17 000 000 ton üretilebilir rezerv ısınma amaçlı olarak tüketilecektir. Bu değerler, sahanın termik santral esaslı olarak değerlendirilmesi düşüncesini oldukça anlamlı kılmaktadır (İpekoğlu v.d, 1999).

4.4.2. Termik Santrale Verilecek Kömürün Miktar ve Kalitesi

Çan Havzası'nda 2 x 160 MW'lık termik santral kurulması TEAŞ 1996 yatırım programında yer almaktadır. Mevcut 79 000 000 ton rezervin 17 000 000 ton'u piyasa için öngörüldüğünden, santrale verilecek miktar : 62 000 000 ton, bunun ortalama alt ısı değeri ise, tüm panolar bazında hesaplanan rezerv kategorileri ve her panonun ortalama ısı değerlerinden hareketle aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır (İpekoğlu v.d, 1999).

$$AID = \frac{9500 \times 3500 + 38200 \times 2500 + 13900 \times 1500 + 300 \times 750}{62\ 000} = 2417 \text{ Kcal/kg}$$

olacaktır. Buna göre termik santrale verilecek yıllık kömür miktarı, 6500 çalışma saati/yıl ve 2400 Kcal/Kwh üzerinden,

$$2 \times 160 \text{ MW} \times 6500 \text{ h} / 2400 \text{ Kcal/kg} = 2\ 070\ 000 \text{ ton/yıl.}$$

62.000.000 ton

Santral ömrü ise; $\frac{62.000.000 \text{ ton}}{2.070.000 \text{ ton/yıl}}$ " 30 v11

olacaktır. Termik santralin tesisine başlanması halinde 4 yıl sonra devreye alınacağı kabul edildiği takdirde, üretim aşağıdaki şekilde gerçekleşecektir.

a) Yatırım döneminde piyasaya, ısınma amaçlı verilecek linyit miktarı:

$$4 \times 500 \text{ 000 ton} = 2 \text{ 000 000 ton}$$

b) 2 x 160 MW termik santrale verilecek miktar:

$$5. \text{ Yıl} - 35. \text{ Yıl} = 30 \text{ Yıl süresince } 2 \text{ 070 000 ton/yıl (AID} = 2417 \text{ Kcal/kg)}$$

c) Piyasaya ve termik santrale verilecek miktar:

$$30 \text{ yıl süreyle piyasa} + \text{ termik santral} = 500 \text{ 000 t} + 2 \text{ 070 000 t} = 2 \text{ 570 000 t/yıl}$$

4.4.3. Yapılacak Dekapaj Miktarı

Sahada varlığı belirlenen 79 000 000 ton üretilebilir rezervin kazanılması için yapılması gereken toplam dekapaj miktarı 829 000 000 m³ olarak hesaplanmıştır. Buna göre genel dekapaj oranı 10.5 m /ton olmaktadır.

Termik santral yatırımının gerçekleştirileceği ilk 4 yılda İşletme olanakları dahilinde yapılacak dekapaj miktarı: 49 000 000 m³ olarak öngörülmüştür. Esasen bu miktardaki bir dekapaj mevcut ekipmanla rahatlıkla yapılabilecektir. Termik santralin devreye gireceği sonraki 30 yılda yapılacak toplam dekapaj miktarı 780 000 000 m³ olacaktır (İpekoğlu v.d, 1999).

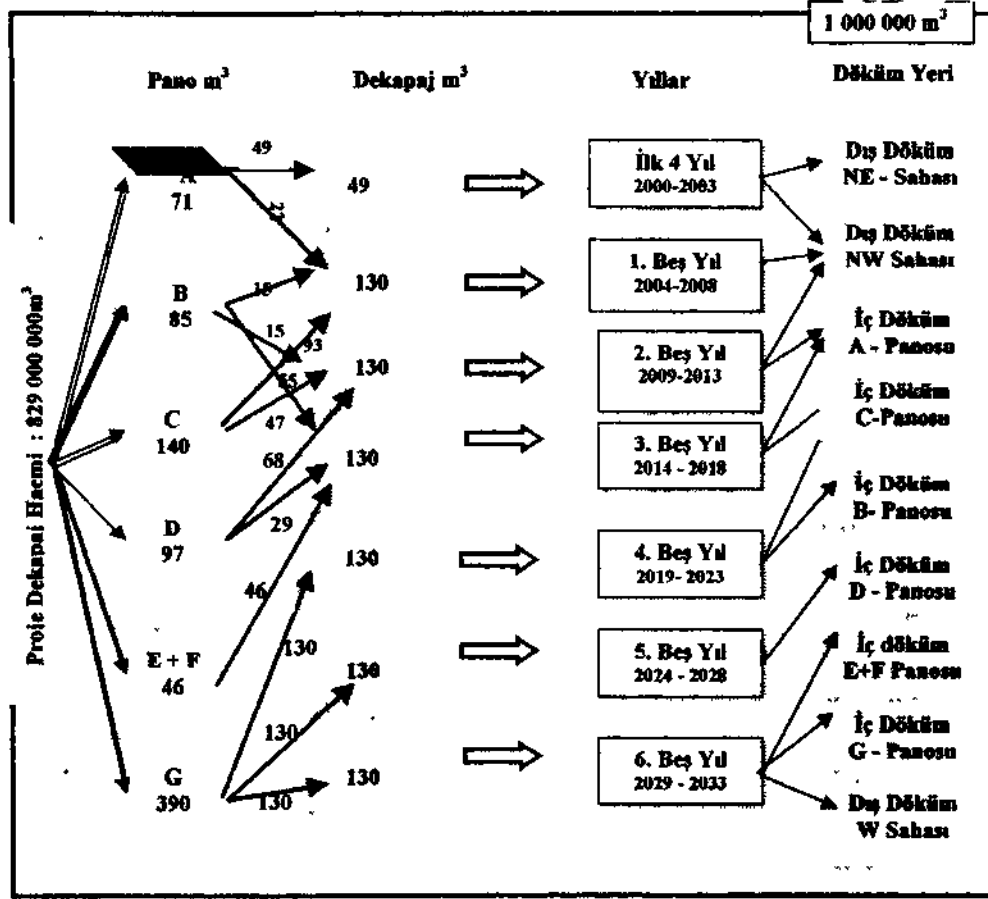
5. AÇIK İŞLETME DEKAPAJ VE ÜRETİM PLANLAMASI

Çan Açıık İşletmesinin dizaynı ve planlaması, 26 milyon m³/yıl dekapaj ve 2 570 000 ton/yıl kömür üretimine göre 1/10000 ölçek plan üzerinde 5'şer yıllık olarak hazırlanmıştır. Daha önce çalışılmış olan açık ocakların durumuna, toprak döküm sahalarının konumuna, terk edilen fay güzergahlarına ve kömür damarının özelliklerine göre saha panolara ayrılmıştır. Her panonun dekapaj ve rezerv miktarı ile çalışma oranına bağlı olarak üretim ve dekapaj terinin planlaması işletme sürecinde birtakım değişiklik ve alternatiflerin de ortaya çıkabileceği de dikkate alınarak yapılmıştır. Yıllık dekapaj miktarları ve iç döküm olanakları gözönünde tutularak düzenlenen akım şeması Şekil 3'de gösterilmiştir.

Planlamada, her yıl yeterli miktarda linyit hazırlanabilmesi, üretimi kesintiye uğratmadan öngörülen hedefe ulaşılabilmesi ve dekapaj toprağının mümkün olduğunca iç döküme yönlendirilebilmesi esas alınmıştır. Ayrıca, panoların çalıştırma sırasının seçiminde, mevcut olan heyelanın azaltılması da gözönünde bulundurulmuştur. Şekil 3'de gösterilen planlamaya göre, çalışmaya önce A- panosundan başlanacak, dekapaj malzemesi, yatırım dönemi olan ilk 4 yılda ve 1. Beş Yılda, dış döküm olarak kuzeydoğu ve kuzeybatı sahalarına dökülecektir. Bu dönemde B ve C panolarında inceltme dekapajı yapılacaktır. 2. Beş yılda B-Panosunda inceltme dekapajı yapıp, C ve D Panolarına geçileceği öngörülmüştür. Buradan alınacak dekapaj toprağı iç döküm olarak A panosunun kömürü alınan kısmına dökülecektir. 3. Beş yılda B panosunda kömür açmaya yönelik dekapaj yapılırken aynı zamanda D panosunda inceltme dekapajı

yapılacak ve toprağı iç döküm olarak A ve C panolanna taşınacaktır. Aynı dönemde E+F panoları da çalışılacaktır. 4. Beş yılda ve daha sonraki dönemlerde G panosunda çalışılacağı varsayılmıştır. Bu panodaki dekapaj malzemesinin, öncelikle daha önce çalışılmış olan D ve E+F panolanna, bir kısmının da G-panosunun kömürü alınan doğu kısmına dökülecektir. İşletme döneminin son yıllarında, gerekirse dış dekapaj döküm harmanı olarak batı panosu da kullanılabilir.

Dekapaj planlamasına paralel olarak, üzeri açılacak olan linyit rezervinin ısıl değeri ve diğer özelliklerine bağlı olarak, ısıtma amaçlı ve termik santrale beslenecek yıllık linyit üretimi planlanması kolaylaşacaktır. Buna göre termik santrale taşınacak kömür nakil yolu uzunluğu ortalama 7.5 km. olacak ve termik santral için gerekli soğutma suyu yakında bulunan Kocabaş Çayı ile göletlerden karşılanacaktır (İpekoğlu v.d, 1999).



Şekil 3 Panolarda çalışma planı akım şeması

6. ÇAN LİNYİT SAHASI İÇİN EKİPMAN SEÇİMİ

TKİ Çan Linyit Havzası'nda halen açık işletme olarak dekapaj ve üretim faaliyetinde bulunulmakta ve elektrikli ekskavatör - kamyon yöntemi uygulanmaktadır. Söz konusu işletmenin uygulamadaki tecrübeleri, ekipman seçimine yönelik önceki bölümde belirtilen mantıksal yaklaşımla değerlendirildiğinde mevcut yöntemin ideale yakın bir seçim olduğu anlaşılmaktadır. TKİ'nin diğer işletmelerindeki uygulama ve ekipman tecihleri de dikkate alındığında, mevcut sistemin geliştirilerek sürdürülmesi pratik ve daha yararlı olacaktır.

26 000 000 m³/yıl dekapaj ve 2 570 000 ton/yıl linyit üretimini öngören proje uygulamasına termik santralin inşasından sonra başlanacağından, önümüzdeki ilk 4 yılda öngörülen toplam 49 000 000 m³ dekapaj ve 500 000 t/yıl üretim mevcut teçhizatla yapılacaktır. Mevcut 15 m³ kepçe kapasiteli elektrikli ekskavatörlerin ekonomik çalışma ömürleri 45 000 saat, yaptıkları çalışma saatleri ise 7 000-10 000 saat civarındadır. Proje uygulama yılına kadar çalışma saati tamamlanmamış 15 m³ elektrikli ekskavatörlerin (5 adet) kullanımına devam edilebilecektir.

Diğer ekipmanların ekonomik ömürleri ise yatırım dönemi sonunda dolmuş olacaktır. Örneğin 85 ton'luk Komatsu kamyonları fiili çalışma saatleri halen 10.000 saat olup, 4 yıllık yatırım dönemi sonunda bu rakam 12.000 saatten fazla olacaktır. Dozer, greyder, delik makinesi gibi diğer ana ve yardımcı iş makinelerinde de durum aynıdır. Proje uygulama tarihine kadar, ekonomik ömürleri dolacaktır.

Yatırım döneminden sonra öngörülen 26 000 000 m³/yıl dekapaj ve 2 570 000 t/yıl üretim hedefine ulaşılabilmesi için ek makine-ekipmana gereksinim olmaktadır. Genişletme yatırımlarında ana iş makinesi olarak dekapajda 15 m³'lük elektrikli ekskavatör, 150 tonluk arkadan damperli kamyon; üretimde ise 7.5 m³'lük hidrolik ekskavatör ve 50 ton'luk kömür kamyonu öngörülmüştür. İşletmede, kış aylarında tek, diğer zamanlarda çift vardiya olmak üzere, ulusal ve dini bayram tatilleri ve Pazar günleri dışında, yılda ortalama 3600 saat çalışılacağı öngörülmüştür (İpekoğlu v.d, 1999).

6.1. Dekapajda Kullanılacak Makina Ekipman Seçimi

Mevcut ekipmanlarla yapılan performans ölçüm değerleri makine seçiminde kullanılmıştır. Böylelikle işletme koşullarındaki fiili durum hesaplara yansıtılmıştır. Yapılan hesaplamalar sonucunda; dekapajda kullanılacak ekipmanların sayıları aşağıdaki gibi bulunmuştur (İpekoğlu v.d, 1999).

Elektrikli ekskavatör (15 m ³)	: 10 adet (5 adet mevcut)
Kamyon (150 ston)	: 40 adet
Dozer	• 13 adet (takviyelerle hepsi mevcut olacaktır)
Greyder	. 4 adet (2 adet mevcut)
Delik Delme Makinası	: 9 adet

6.2. Kömür Kazı ve Taşımada Kullanılacak Makina Ekipman Seçimi

Kömür üretiminin 2 570 000 ton/yıl olacağı öngörülmüştür. Kömür kazısı için 10 yd³'lük hidrolik ekskavatör ve nakil için 50 ston'luk kamyon kapasitesi kullanılacaktır. Mevcut ekipmanlarla yapılan performans ölçüm değerleri makine seçiminde kullanılmıştır. Böylelikle işletme koşullarındaki fiili durum hesaplara yansıtılmıştır (İpekoğlu v.d, 1999).

Ekskavatör (7.5 m ³)	2 adet (1 yedek)
Kamyon (50 ston)	13 adet (hepsi işletmede mevcut)
Dozer	3 adet (hepsi işletmede mevcut)
Geyder	1 adet (mevcut)
Sulama Tankeri	3 adet (1 adedi tüvenan nakil yolu için)
Mazot Tankeri (18 ton)	2 adet
Yağlama Kamyonu (10 ton)	2 adet
Seyyar Tulumba ve Teçhizatı (150 m ³ /sa)	5 adet
Yol Silindiri	1 adet
Anfo Kamyon ve Teçhizatı	2 adet
Track-Drill (63.5 mm)	1 adet

7. MALİYETİ ANALİZİ

Bu araştırma kapsamında, Çan Linyit sahası ile ilgili değerlendirmeler yapılırken esas amaç; fizibilite projesi hazırlamak olmamıştır. Bu araştırma kapsamında yapılan maliyet analizi oldukça genel ve sadece rezervin değerlendirilebilirliğine bir bakış niteliğinde olmuştur.

Çan Sahasından Termik Santrale ve piyasaya kömür verilmesi ile hesaplanan sabit sermaye yatırım tutan 61 000 000 \$, projenin toplam yatırımı 138 600 000 \$, işletme sermayesi 12 485 000 \$, yıllık işletme giderleri 54 500 000 \$/yıl, üretim maliyeti 20 \$/ton, yıllık işletme geliri 77 100 000 \$, vergi sonrası işletmenin net karı 393 918 000 \$, indirgenmiş net proje gelirleri toplamı 61 645 000 \$, indirgenmiş yatırım harcamaları toplamı 51 649 000 \$, projenin net bugünkü değeri, kabul edilen % 20 indirgeme faktörüne göre hesaplandığında 10 006 000 \$ olarak bulunmaktadır. Bu değer pozitif olduğundan proje rentabldır (İpekoğlu v.d, 1999).

8. SONUÇLAR

Çan Linyit Sahası'nın değerlendirilebilirliğine yönelik olarak gerçekleştirilen bu araştırma kapsamında, öncelikle daha önceki yıllarda yapılmış olan yeterli ya da yetersiz sondaj verileriyle mevcut işletme verileri kullanılmıştır. Bu veriler, gerektiğinde yapılan birtakım testler (kömür analizleri ve yoğunluk testleri), sahadaki gözlem ve tecrübelerden hareketle yeniden yorumlanmıştır.

Araştırma kapsamında, sahadaki rezervin değerlendirilmesine yönelik ekonomik analizlerin yanında, sahadan geçmiş yıllarda gerçekleştirilen sondaj verilerine ek olarak, yerinde yeniden numuneler alınmak suretiyle yapılan yoğunluk testleri ve kömür kimyasal analiz değerlerinden hareketle, yoğunluk, alt ısıl değer, rutubet, uçucu madde,

sabit karbon gibi parametreler arasındaki ilişkiler de araştırılmıştır. Elde edilen bu ilişkiler eksik veri bulunan sondajlara (sahanın tümünü değerlendirmek amacıyla) değer taşımak için kullanılmıştır.

Halen TKİ Genel Müdürlüğü tarafından ısıtma amaçlı olarak üretim faaliyeti sürdürülmekte olan Çanakkale-Çan havzasında yer alan 79 000 000 ton üretilebilir rezervli linyitin, yüksek kükürt içeriği (%2-6 arasında), ısıl değerlerin yatak boyunca önemli değişimler göstermesi (1000-5000 kcal/kg), ithal kömür ve yörede doğalgaz kullanımına yönelim gibi nedenler ve artan çevresel duyarlılıklar da dikkate alındığında, söz konusu amaç bazında satış ve pazarlamasında sıkıntılarla karşılaşmaktadır. Son yıllardaki satış rakamlarındaki düşme (1 milyon ton seviyesinden 500-600 bin tonlara gerilemiştir) bu eğilimi göstermektedir. Isıtma amacı ile verilen linyitin, seçilmiş yüksek ısıl değerli kısımlardan oluşması nedeniyle, yatağın toplam rezervinin en uygun koşullarda değerlendirilememesi sonucunu doğurmakta ve önemli kayıplar olmaktadır.

Üretim planlaması yönünden karşılaşılan bu sorunlar, düşük üretim kapasitesi ile birlikte işletme verimliliğini olumsuz yönde etkilemektedir. Sahadaki tüm rezervin, uygun bir kapasite ve üretim planlaması ile ısıtma ve sanayi ihtiyaçlarını karşılamaktan başka termik santralde değerlendirilerek elektrik enerjisine dönüştürülmesi suretiyle artan enerji talebini bir ölçüde de olsa karşılamak mümkün olacaktır. Yapılan çalışmalar, Çan Linyit Sahasındaki rezerv ile 2x160 MW gücündeki bir termik santralin rahatlıkla beslenebileceğini göstermektedir.

Açık işletme çalışma oranı tüm proje sahası için 10.5 m³/ton olarak hesaplanmış olup, rezervin tüketim ömrü olan 34 yıl süresince bu oranın gerçekleştirilmesi önem arz etmektedir. Bu husus dikkate alınarak işletme projesine esas açık işletmenin planlanmasında bazı panolarda kömür açılmasına yönelik, bazı panolarda ise inceltmeye yönelik dekapaj yapılması öngörülmüştür. Heyelan gözlemleri ve mevcut işletme tecrübeleri dikkate alınarak kabul edilen genel ocak eğim açıları ile yapılacak toplam dekapaj miktarı 829 000 000 m³ olarak hesaplanmıştır.

Araştırma kapsamında, sahada belirlenen linyit rezervinin işletilmesine yönelik genel nitelikteki bir ekonomik yaklaşımda da bulunulmuştur. Termik santralin devreye gireceği süre dikkate alınarak 4 yıllık bir yatırım dönemi öngörülmüş ve bu dönemde toplam 2 000 000 ton ısıtma amaçlı linyit üretimi ile 49 000 000 m³ dekapaj yapılacağı öngörülmüştür. İşletme ömrü 30 yıl olarak belirlenmiş ve bu dönemde her yıl 500 000 ton ısıtma, 2 070*000 tonu termik santral amaçlı olmak üzere toplam 2 570 000 linyit üretimi ve 26 000 000 m³ dekapaj hedeflenmiştir. Bu çerçevede Çan Bölgesi'nde halen kullanılmakta olan ekipman da dikkate alınarak, genişletme yatırımları öngörülmüş, proje maliyeti hesaplanmış ve yapılan muhtelif yaklaşım ve değerlendirmeler sonucunda projenin rantabl olabileceği sonucuna varılmıştır.

TEŞEKKÜR

T.K.İ. Genel Müdürlüğü ve Çan Linyit İşletmesi Müessese Müdürlüğü'ne ve TÜBİTAK'a her türlü yardımlarından dolayı teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

-(1957-1996), Yayınlanmamış Sondaj Stamplan ve Diğer Dokümanlar, T.K.İ.
-(1995), Çan Havzasının 2x 150 MW Santral Amaçlı Değerlendirilmesi, T.K.İ.
-(1998), 2300000 ton/yıl Kapasiteli Çan Tevsii Projesi, T.K.İ.
- (1999), Bayındırlık İşleri Birim Fiyat Tarifleri ve Rayiç Listeleri, Bayındırlık Bakanlığı Yayınları, Ankara
- tpekoğlu, B., Kahrıman, A., Kesimal, A., Tuncer, G., Parlak, T., Başçetin A.** (1999), Çan Linyit Sahasının Termik Santralde Değerlendirilebilirliği ve En Uygun Üretim Koşullarının Araştırılması, Nihai Rapor, TÜBİTAK, Proje No: YDABÇAG-648, İstanbul Üniversitesi, İstanbul.
- Parlak, T.** (1997), Bir Termik Santrali Besleyecek Kömür Sahasının Açık İşletme Dizaynı ve Planlaması, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, İstanbul.
- Surfer Version 6.02 Surface Mapping System** (1993-1996), Golden Software Inc.
- Whittle 4-D Open Pit Optimisation Software** (1997), User Manuel, Whittle Programming Proprietary Ltd., Melbourne, Australia, 286 s.