

Kömür Zenginleştirme Tesislerinin Ekonomisi

Economics of Coal Preparation Plants

Orner UNVER (*)

Anahtar Sözcükler: Kömür Yıkama, Tesis, İşletme ve Teçhizat Maliyetleri,
Proseslerin Mukayesesi

ÖZET

Kömürün zenginleştirilerek kullanılması durumunda elde edilebilecek ekonomik faydalar taşıma, çevre, termik verim ve rekabet açısından analiz edilmektedir. Termik santraller açısından kömürün zenginleştirilmesinin sağlayacağı faydalar muhtelif araştırmalardan derlenerek sunulmuştur. Kömür yıkama tesislerinin inşaa maliyetleri, tesislerde kullanılan muhtelif makina ve teçhizatın birim maliyetlerini de içerecek biçimde yer almaktadır. Kömür yıkama maliyetlerinin hesaplanması yeni kurulmuş olan Tunçbilek-Ömerler Yıkama Tesisleri esas alınarak gösterilmektedir. Değişik yıkama projelerinin, değişik lave kömür üretimlerine ve verimlerine göre ekonomik mukayesesinin nasıl yapılacağı bir örnekle gösterilmektedir.

ABSTRACT

Economical benefits to be achieved by utilization of cleaned coal has been analysed from transportation, environment, thermal efficiency and competition points of view. Benefits to be achieved by consumption of cleaned coal in thermo power plants have been compiled from various researches. Construction costs of coal washing plants, including the unit cost of various machinery and equipment used in these plants are presented. Based on the newly commissioned Tunçbilek-Ömerler Coal Washing Plant, computation of coal washing costs is shown. Economical analysis of different washing processes with different products and yields is shown with an example.

* Maden Yüksek Mühendisi, TKI-ANKARA

1.GİRİŞ

Kömür üreticilerinin karşı karşıya bulunduğu sorunların başında kömürün yeraltı veya yerüstü madencilik yöntemleri ile üretiminin yanında, üretilen kömürün yeteri miktarda ve uygun karlılık sağlayacak biçimde pazarlanması gelmektedir. Kömür üreticileri için her gün bir evvelki günden daha zor şartlar oluşturmaktadır. Petrol ve gazın dünya pazarlarında bolluğunun bulunması fiyatların artmasına engel olmakta ve bu alternatif yakıtların cazibesini devamlı kılmaktadır. Ayrıca Avustralya Güney Afrika ABD ve Rusya gibi ülkelerin büyük miktarda kömür ihraç imkanları bulunması, yerli kömür üreticilerini pazar açısından zorlamaktadır. Diğer yünden kömürün yarattığı çevre sorunları, kömürlerin yıkanarak pazarlanmasını gerekli kılmaktadır.

Üretilen tüvenan kömürün tüm parçacıkları içinde organik ve mineral orijinli maddeler bulunmaktadır. Kömür çok ince öğütülse dahi organik ve mineral maddeler kömürün parçacıkları içinde bir miktar kalmakta ve zenginleştirme yöntemleri ile tamamen bertaraf edilememektedir. Kömürün fiziksel zenginleştirilmesi; düşük mineral madde ihtiva eden kömür parçacıkların, yüksek mineral madde ihtiva eden parçacıklarından ayrılmasını sağlamaktadır. Bu ayrışma ise genellikle yoğunluk yardımı ile yapılmaktadır. Değişik orijinli kömürlerin yıkanabildiği (parçacıkların yoğunluklarına göre klasifikasyonu) büyük değişiklikler göstermektedir. Bu nedenle kömür yıkama tesislerinin proseslerinde ve tesis maliyetlerinde de farklılıklar bulunmaktadır.

Kükürt, tüvenan kömürde kısmen organik olarak bulunmaktadır. Organik kükürtün fiziksel prosesler ile ayrışması mümkün değildir. Tüvenan kömürdeki kükürtün bir bölümü de inorganik kükürt olarak yer almaktadır. Pritlerin yoğunluğunun kömüre göre daha yüksek olması nedeniyle, yoğunluk esasına göre yapılacak bir zenginleştirmede ayrışması mümkün olmakla birlikte, prit çok ince bir şekilde kömürün içinde bulunduğundan, ayrışması zor olmaktadır. Genelükle, çok ince kükürtün kömürden ayrışması için, flotasyon

esasına dayalı bir zenginleştirme yapmak gerekir.

Kömür hazırlama tesisleri değişik proseslerin biraraya getirilmesi ile dizayn edilir. Bu ana prosesler; kırma, sınıflandırma ayırma ve susuzlandırma olarak dört grupta ele alınabilir. Bu anaprosesler için bir çok ticari prosesin var olması nedeniyle, birbirinden farklı çok sayıda dizayn elde etmek mümkündür. Ayrıca bir kömür yıkama tesisinin performansı tüvenan kömürün özelliklerine bağlıdır. Bu nedenle kömür yıkama tesislerinin ekonomisi konusunda genelleme yapmak çok zordur. Ancak, kaba bir şekilde ifade etmek gerekirse;

-Yalnızca kırma ve eleme işlemlerinin bulunduğu ayırma işlemi olmayan çok basit bir tesisin işletme maliyeti 1 \$/ton'dan aşağıdadır.

- Kömür yıkama tesisinin karmaşıklığına bağlı olarak konvansiyonel bir tesisin işletme maliyeti 2-7 \$/ton arasındadır.

- Kükürt ve külün önemli oranda düşürülmesini hedefleyen ve tüm tüvenan - 0,5 mm tane iriliğine kırılarak konvansiyonel anlamda zenginleştirme yapan tesisin işletme maliyeti 10 \$/ton'dan fazladır.

Bazı kömürlerde -0,5 mm altında pritlik kükürt ve kül ideale yakın mertebede ayrıştığından, termik santrallarda da kömürün yakılabilmesi için öğütme işlemi gerektiğinden, öğütücüler ile yakıcılar (Brülör) arasına kükürt ve kül ayrışmasını yapan zenginleştirme tesislerinin kurulması düşünülebilir. Termik santrallann temiz kömür ve/veya daha düzenli kaliteye sahip kömürlerle beslenmesi, termik santrallann maliyetlerini düşüreceği ve performanslarını büyük oranlarda artıracığı şüphesizdir. Bu konuda sağlanabilecek ekonomik faydalar her kömür ve termik santral için hesaplanmalıdır.

2. KÖMÜRÜ ZENGİNLEŞTİRMENİN GEREKÇELERİ

Kömürlerin yıkanması her kömür üretimi için gerekli değildir. Ancak, uygun yıkanabilme özelliği gösteren kömürlerin yıkanma gerekçeleri teknik ve ekonomik olarak incelenebilir.

2.1. Teknik ve Ekonomik Gerekçeler

a) Tüketiciye Sağlanan Kolaylıklar

Kömürün yıkanması, tüvenan kömüre göre daha az kül atığı yaratacağından, tüketicinin külü bertaraf etmesi daha az maliyete ve daha az çevre problemine neden olacaktır.

b) Taşıma Maliyetlerindeki Tasarruflar

Kömür tüketiciye, FOB maden teslimi fiyatına nakliye fiyatının ilavesi sonucu oluşan fiyatla mal olmaktadır. Yılda 1 milyon ton % 30 külü belli orjinal bir kömürü tüketen tüketici, aynı kömürün % 10 küle yıkanması halinde yaklaşık olarak % 20 oranında daha az kömür tüketecektir. Başka bir deyişle, söz konusu tüketici aynı ısı değeri için yılda 800.000 ton kömüre ihtiyaç duyacaktır. Nakliyat maliyetlerinin oldukça yüksek olduğu gerçeği karşısında, kömürü yıkamanın nakliyatla sağlayacağı tasarruf açıktır.

c) Çevreye Olumlu Etki

Yıkanmış kömürün tane iriliği ve kalitesi düzgün ve dar sınırlar içinde farklılaşma gösterdiğinden, yanma daha randımanlı olmakta bu nedenle daha az toz ve duman emisyonuna neden olmaktadır. Bu konuda Tunçbilek Kömürleri ile yapılan bir araştırma aşağıdaki sonuçları vermiştir (1).

Çizelge 1. Tunçbilek Tüvenan ve Lave Kömürleri ile Yapılan Yakma Deneyleri.

Kömürün Cinsii	Bovut	Baca Gazının Duman Miktarı (fmg/m ³)
Tunçbilek Lave	18/50 mm	2549
Tunçbilek Lave	+ 50 mm	3575
Tunçbilek Tüvenan	+30 mm	5591

Tane iriliği 18/50 mm ve + 50 olan Tunçbilek Lave kömürleri sırası ile % 16,8 ve % 18,6 kül içermektedirler. Buna karşılık Tunçbilek Tüvenan (+ 30 mm krible) % 23,7 kül içermektedir. Tunçbilek Tüvenanın külünün % 23,7'den % 16,8 (fark 6,9 puan) düşürülmesi halinde, baca gazı miktarı % 54 oranında azalmaktadır.

Şüphesiz çevreye olan olumlu bir etki de yıkanmış kömürden daha az kül ortaya çıkmasıdır.

d) Termik Verimin Artışı

Termik verim, herhangi bir yakma ortamında elde edilen ısının kömürün içindeki ısıya oranı olarak tanımlanmaktadır.

Katı yakıtların termik verimleri yakma aracının tip ve özelliklerine, yakma şekline ve yakıtın özelliklerine bağlı olarak değiştiği tesbit edilmiştir. Bu konuda Tunçbilek kömürleri ile yapılan araştırma sonuçları Çizelge 2'de verilmektedir (1).

Şüphesiz termik verimin artışı, tüketicide miktar açısından daha az kömürün tüketilmesine neden olacağından, kömürü nakil, stoklama, külü bertaraf etme gibi maliyet unsurlarını da hesaba katarak sağlanan ekonomi tesbit edilmelidir.

e) Diğer Alternatif Yakıtlar ile Rekabet

Petrol ve doğalgaz fiyatları uzun süreden beri sabit durumdadır. Dünyada halen bir "Petrol Bolluğu" yaşanmaktadır. Bu nedenle kömür, petrol ve doğalgazın çok ağır rekabeti altındadır. Bu rekabet şartları altında tüketici tarafından benimsenmeyen kalitede kömür ile pazarlama yapmak mümkün değildir.

Yerli kömür üreticisi açısından, ithal kömür, son yıllarda son derece olumsuz rekabetçi şartlar oluşturmuştur. Özellikle Rusya ve Ukrayna'da dövize çevrilebilir en uygun malın kömür olması nedeniyle Türkiye'yi bir anda bu ülkelerden ithal edilen kömürler istila etmiştir, ithal edilen kömürler yerli tüvenan kömürüne kıyasla daha kalitelidirler. Bu nedenle ithal kömürle rekabet açısından kömürlerimizin zenginleştirilmesi kaçınılmazdır.

2.2. Termik Santraller Açısından Kömürün Zenginleştirilmesinin Sağlayacağı Faydalar

Türkiye'de 1970'li yıllardan sonra planlanan tüm termik santraller tüvenan kömür tüketecek biçimde planlanmıştır. Şüphesiz 1975-1980 yıllarını kapsayan bu hızlı planlama ve karar verme döneminde, termik

santrallarda tüketilecek kömürün tüvenan olarak mı, yoksa zenginleştirilmiş olarak mı tüketilmesi gerektiği konusunda bir çalışma yapılmamıştır. Ancak, bu konuda çeşitli ülkelerce çok ciddi çalışmalar yapılmış bulunmaktadır. Bu çalışmaların sonucu olarak, elektrik üretim maliyetlerinin kömürün kalitesi ile çok yakından ilgili olduğu tesbit edilmiştir. Kömürün kalitesinin yüksek ve dar sınırlar içinde farklılaşma göstermesi aşağıda sıraladığımız teknik ve ekonomik faydaları sağlamaktadır.

Bir termik santralda maliyet unsurlarının kömürün kalitesine bağımlılığı, aşağıda belirtilen maliyet kalemlerinde oluşmaktadır.

a) Kömür Taşıma Maliyeti

Termik santrala taşınan kömürün içindeki ısı için nakliyat yapıldığına göre, yüksek kalorili, düşük kül ve rutubet içeren bir kömür, taşıma maliyetlerinde önemli tasarruf sağlayacaktır.

b) Kömür Stoklama Maliyeti

Kömür taşıma maliyetinde sağlanan tasarruf, yüksek kaliteli kömürlerin stoklanmasında da sağlanacaktır.

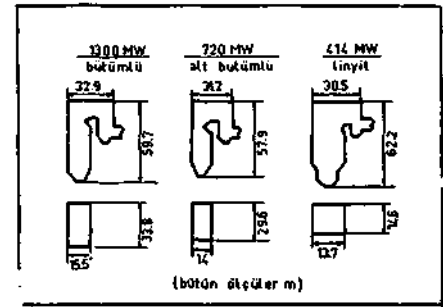
c) Kömür Öğütme Maliyeti

Kömür kalitesinin termik santrallardaki kömür öğütme düzenlerine önemli etkileri olduğu bilinmektedir. Kömür öğütme tesislerinin inşa maliyetleri ile bunların çalıştırılması sonucu oluşan işletme maliyetleri ve öğütücülerde tüketilen elektrik enerjisi, (tüketilen elektrik enerjisi termik santralin toplam nihai verimini etkileyecektir) pulverize edilen kömürün miktarına (t/h), başka bir deyişle kömürün içindeki ısı miktarına (kalorifik değerine) bağımlıdır. Bu faktörler aynı zamanda - kömürün öğütülebilme endeksine de (grindability Index) bağımlıdır. Bu nedenle kömürün zenginleştirilmesi durumunda kalorifik değerinin artması nedeniyle öğütme maliyetlerinde önemli düşmeler sağlanacaktır. Kömürün içindeki aşındırıcı unsurlar (kül, pirit, kuartz, kaçak demir) öğütücülerin işletme masraflarını arttıracaktır.

d) Buhar Kazanı ve İşletme Maliyeti ile Emre Amadelik

Buhar kazanının boyutlandırılması ve dizaynı kömürün çeşitli özelliklerine göre yapılmaktadır. Kömürün kalitesi özellikle buhar kazanının boyutlarına etki etmektedir.

Şekil 1'de muhtelif kalitedeki kömürlere göre dizayn edilmiş buhar kazanlarının boyutları görülmektedir (2).

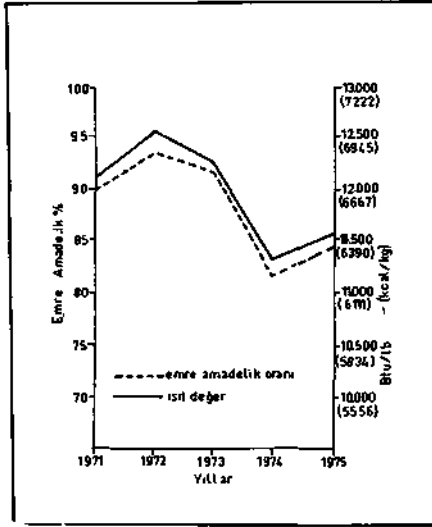


Şekil 1. Değişik kömürlere göre buhar kazanı boyutları (Bütün ölçüler metredir).

Değişik kapasitelere ve kömür özelliklerine göre dizayn edilmiş buhar kazanlarının boyutları incelendiğinde, yüksek kalorili bir kömür yakan 1300 MW gücündeki bir kazan, 414 MW gücünde düşük kalorili bir kömür yakan kazanın yaklaşık olarak aynı boyutlarda olduğu görülmektedir. Bu husus, kazan inşa maliyetleri açısından yüksek kalitede kömür tüketiminin ne derece ekonomik avantaj sağladığını açıkça göstermektedir.

Buhar kazanlarında, cüruf oluşumu ve kazan cidarlarında curuflanma, işletme ve bakım tamir maliyetlerini önemli ölçüde etkilemektedir.

Kömür tüketen termik santralların buhar kazanlarında "curuflanma potansiyeli" işletme maliyetini, tesisin emre amadelik (availability) oranını ve termik verimini direkt etkilemektedir. Bu nedenle yakılan kömürün külünün düşük olması, buhar kazanı boyutlarını küçültmesinden sağlanan yatırım maliyetindeki düşüklük yanında, kazanın emre amadelikliğini de olumlu olarak etkilediği Şekil 2'de görülmektedir (2).



Şekil 2. Kömürün kalorisi ile emre amadelik oranı arasındaki korelasyon.

Bu konuda ABD American Electric Power Şirketi tarafından yapılan araştırmada, kömürün kalorifik değeri ve kül yüzdesi değiştirildiğinde elde edilen emre amadelik oranlarında önemli farklar gözlenmiştir. Keza ABD Tanners Creek Termik Santralinde (800 MW) değişik zamanlarda değişik kalitede kömür kullanılmış ve kömür kalitesinin artışı ile termik santralin emre amadeliliğinin önemli ölçüde arttığı tesbit edilmiştir (2). Anılan termik santral 800 MW olduğuna göre emre amadelikte % 15,5 oranındaki bir artış 1086 milyon kwh'e tekabül etmektedir. Bu üretim, Türkiye'deki elektrik satış fiyatları ile ele alındığında yılda 2932 milyar TL karşılığı bir üretim fazlalığı sağladığı tesbit edilir.

Çizelge 3. Aynı Kapasitedeki İki Termik Santralde Kömür Kalitesinin Emre Amadelik Üzerine Etkisi (2)

Termik Santral	A	B
Kalorifik değer (kcal/kg)	6562	6369
Kül + Kükürt %	15,2	19,7
Kül ergime ısı °C	1500	1400
EMRE AMADELİK %	89,25	77,45
Curuflaşma endeksi	orta-düşük	çok-yüksek

Bu konuda Federal Almanya'da yapılan bir araştırmada termik santrallerin değişik kül

ve kalorifik değerlerine göre tesis edilmesinde, elektrik üretim maliyetleri lave kömür yakan santrallarda daha düşük olduğu tesbit edilmiştir.

e) Termik Verim

Bir termik santralin termik verimi, buhar kazanının ve buhar türbününün verimine ve öğütmede, elektrostatik filtrelerde, desulfirizasyon ünitesinde ve diğer işlemlerde tüketilen elektrik enerjisine bağlıdır.

Buhar kazanının verimi baca gazlarının ısısına ve kazana üflenen ilave havanın miktarına bağımlı olarak hesaplanır. Düşük kalorili ve düşük reaktivitesi olan kömürler, iyi bir yanma sağlamaları için genellikle yüksek miktarda ilave hava üflenmesini gerekli kılarlar. Bu da baca gazları ile ısı kaybına neden olur. Hindistan'da yapılan bir araştırmada % 35,7 k. küllü kömür yakan bir termik santral % 26,7 k. kül de lave kömür yakmaya başladığında (% 9 kül düşümü) kazan veriminde % 0,9 artış tesbit edilmiştir (2). Bu konuda külün % 10 oranında düşürülmesi durumunda kazan veriminin % 1 oranında artması beklenmelidir (Çizelge 4).

Türkiye'de halen 10093 MW gücünde termik santral çalışmaktadır. Bu kurulu gücün 5072 MW'i linyit kömürüne dayalıdır. Linyit ile çalışan termik santrallardan 1991 yılında 20563 milyon kwh elektrik üretilmiş olup toplam üretimin % 34'ünü teşkil etmekte, bu oran zaman zaman % 38'e çıkmaktadır (3). Linyite dayalı termik santrallerin termik veriminde yapılacak ortalama % 1'lik bir iyileştirme yılda 205 milyon kwh ek elektrik enerjisi üretimine neden olacaktır. Bu üretimin bugünkü değeri yaklaşık olarak 554 milyar TL olmaktadır.

f) Elektrostatik Filtrelerin İşletme Maliyeti

Elektrostatik filtrelerin dizaynı ve maliyeti dışarı atılan baca gazları miktarı ve baca küllerinin tane dağılımı ile ilişkilidir.

Kömürün külünün düşürülmesi, netice olarak elektrostatik filtrelerin büyüklüklerine ve işletme maliyetine direkt etkisi olacaktır.

Çizelge 2. Yakıtın Özelliklerine Göre Tunçbilek Tüvenan ve Lave Kömürleri ile Yapılan Verim Deneyleri

Kömürün Cinsi	KAYIPLAR (%)				
	Serbest ısı Kaybı	Bağıl ısı Kaybı	Izgara Kaybı	Toplam Kayıp (%)	Verim (%)
Tb.Lave (18/50 mm)	13,51	12,52	10,28	36,31	63,69
Tb.Lave (+ 50 mm)	13,27	7,08	17,24	37,59	62,41
Tb.Tüv. -Krible (+ 30 mm)	9,76	12,38	18,45	40,59	59,41

Çizelge 4. Tanners Creek Termik Santrali'nin Değişik Kömürler İle Performansı (2)

Özellikler	1973'den önce Yüksek Kükürtlü Kömür	1973-1976 Tüvenan Kömür	1979'dan Beri Yıkanmış Kömür
Kalorifik Değer (UID-kcal 1 /kg)	5996-6116	5925-6450	6785-6952
Orijinal Kül %	13,0-13,4	10,5-18,5	7,9-8,2
Orijinal Rutubet %	10,9-11,2	6,7-6,9	8,5-9,0
Orijinal Kükürt %	3,5-3,75	0,57-0,63	85,8
EMRE AMADELİK %	80,8	70,3	13400
Öğütücü Ömrü (Saat)	11000	8500	

g) Baca Gazları Desülfürizasyon Tesisi Maliyeti

Baca gazı desülfürizasyon tesisinin dizaynı, dışarı atılan baca gazları miktarına ve kömürdeki kükürt miktarına bağlıdır. Kömür zenginleştirme ile kükürtün nispeten bertaraf edildiği kömürlerde, desülfürizasyon üniteleri daha küçük boyutlarda olacak veya kurulmasına dahi gerek olmayacaktır.

h) Küllerin Atılması Maliyeti

Termik santrallerin tesis maliyeti içinde kül atma tesislerinin inşa maliyetleri % 1 gibi ufak bir paya sahiptir. Bu nedenle kömürün kalitesini yükseltmek bu tesislerin maliyetine önemli bir etkide bulunmayacaktır. Ancak bu tesislerin işletme maliyetleri atılan kül miktarı ile direkt ilgilidir. Bu nedenle kömürün kalitesini yükseltmek, kül atmanın işletme maliyetini önemli ölçüde etkileyecektir.

3. KÖMÜR YIKAMA TESİSLERİNİN MALİYETİ

a) Kapasiteye Bağlı Olarak Maliyet

Bir yıkama tesisinin yatırım maliyetini büyük çapta tesise ek olarak kurulan kömür stoklama, taşıma, silolama, temiz ve kirli suların temini ve atılması ile ilgili projeler ve atıkların bertaraf edilmesi ile ilgili tesisler etkiler. Bu yatırım kalemlerinin tesisten tesise ve pazar şartlarına göre değişeceği tabiidir. Yukarıda belirtilen yatırım unsurları hariç bir kömür yıkama tesisi 20.000-25.000 \$. t/h maliyetleri arasında tesis edilebilir.

Herhangi bir sanayi tesisinde olduğu gibi, kömür yıkama tesislerinin de yatırım maliyetleri kapasiteye bağlı olarak değişmektedir.

Kapasiteye bağlı olarak bir kömür hazırlama tesisinin yatırım tutarı aşağıdaki ilişki ile ifade edilebilir.

$$0,6$$

$$X = Y (- T -)$$

X= Yeni bir yıkama tesisinin yatırım maliyeti
Y= Mevcut bir yıkama tesisinin yatırım maliyeti

$$A= X tesisinin kapasitesi$$

B= Y tesisinin kapasitesi

Genel olarak değişik kapasitelerdeki kömür yıkama tesislerinin yatırım maliyeti (kömür stoklama, taşıma, silolar, temiz ve kirli suyun temini ve atılması hariç) aşağıda belirtilen değerler arasında oynar.

Çizelge 5. Kömür Yıkama Tesislerinin Kapasitelerine Göre Yatırım Maliyetleri

KAPASİTE (ton/hr)	YATIRIM TUTARI
300	7.500.000 \$
400	8.913.000\$
500	10.190.000\$
600	11.368.000\$
700	12.470.000\$
800	13.510.000\$

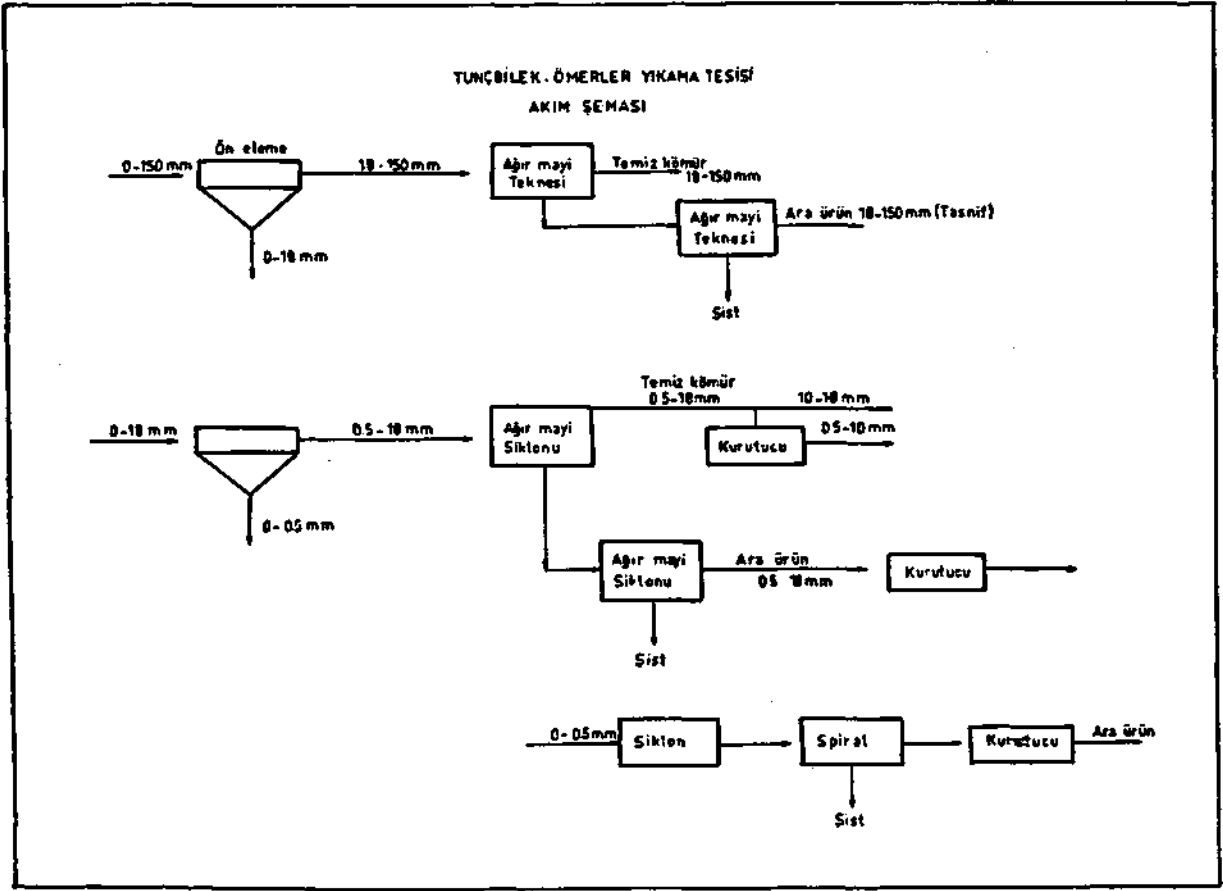
Yukarıda belirtilen değerlerde kömürün yıkanabilme ve elde edilmesi istenen özelliklerine göre % 25 artış veya eksilish olabileceği gözönüne alınmalıdır.

b) Tunçbilek-ömerler Kömür Yıkama Tesisi Maliyeti

Tunçbilek-ömerler Kömür Yıkama Tesisinin basitleştirilmiş akım şeması Şekil (3) de görülmektedir. Tesisin kapasitesi 600 t/hr olup yılda 3,6 milyon ton tüvenan yıkayacaktır. Tesisin tane iriliğine göre tüvenan yıkama kapasiteleri aşağıdaki gibidir.

Çizelge 6. Tunçbilek-ömerler Yıkama Tesisi Ünite Kapasiteleri ve Yıkanmış Kömür Özellikleri

Tane İriliği (mm)	Kapasite (ton/hr)	YIKANMIŞ KÖMÜR		MİKST	
		Kül %	Rutubet %	Kül %	Rutubet %
18/150	360	16-18	20	45-50	20
0,5/18	280	15-17	22	45-50	22
0,1/0,5	80			40-42	24



Şekil 3. Tunçbilek-Omerler Kömür Yıkama Tesisi Basitleştirilmiş Akım Şeması.

Tunçbilek-Omerler Kömür Yıkama Tesisi 1991 yılında mukavelesi imzalanarak 1993 yılı sonunda tamamlanmıştır. Bu tesisin sözleşme bedeli aşağıdaki gibidir.

1991 yılında dolar bazında sabit TL bazında ekskalasyonlu olarak ihale edilen bu tesis, doların bugünkü paritesi 12.000 TL/\$ (1993-Ağustos) alındığında ve inşaat işlerinde uygulanan fiyat artışları da ilave edildiğinde 197 milyar TL'na mal olmuştur.

c) Muhtelif Kömür Yıkama Birimleri Maliyeti

Bir kömür yıkama tesisindeki ana teçhizat ve yıkama birimlerinin yaklaşık maliyeti aşağıda belirtilmiştir. Bu maliyetler \pm % 15 toleransla muhtelif hesaplamalar için kullanılabilir.

4. KÖMÜR YIKAMA MALİYETLERİ

Kömür yıkama maliyetleri de tıpkı bu tesislerin inşaa maliyetleri gibi kömürün yıkanabilme kabiliyetine, kömür stoklama ve taşıma, silolama temiz ve kirli suların temini ve atılması, şistin nakli, prosesin karmaşıklığı, otomasyonun derecesi ve istenen ürünün özelliklerine göre değişmektedir. Bu nedenle kömür yıkama maliyetlerinin tahmininde basit yöntemler ile sonuca ulaşmak hatalı olabilir.

Kömür yıkama maliyetini tesise yıkamaya verilen tüvenan üzerinden ifade etmek uygun olacaktır. Örneğin; yılda 1 milyon ton tüvenan kömür üreten bir madende, 10 % atık ile ve 30.000 TL/ton maliyetle kömür yıkanması ve yıkanmamış kömürün satış fiyatının 480.000 TL/ton olması durumunda brüt hasıla 432 milyar TL veya tüvenan kömür bazında 432.000 TL/ton olacaktır.

Çizelge 7. Tunçbilek-Ömerler Tesisi Maliyeti (Fiyat Artışları Hariç)

İŞ	BEDELİ	
	ABD\$(10 ⁶)	TL(10 ⁶)
i) Kömür Yıkama Tesisi İnşaat İşleri	-	12.900
ii) Kömür Yıkama Tesisi Temel İnşaatı	-	5.000
iii) Sosyal, idari ve Sınai Binalar		2.300
iv) Kömür Yıkama Tesisi ve Eklentilerine Ait Altyapı Tamamlama Tesisleri	-	5.300
TOPLAM		25.500
B. MALZEME TEÇHİZAT MONTAJI		
i) Yurt Dışından Temin Edilecek Malzeme	8.7	—
ii) Yurt içinden Temin Edilecek Malzeme	—	6.900
iii) Yurt Dışından ve içinden Temin Edilecek Malzeme Montajı	—	4.500
TOPLAM	8.7	36.900
C. YEDEK PARÇALAR	0.9	
D. KOMİSYONLAR	0.1	
TOPLAM	9.7	36.900

Aynı şekilde yılda 1 milyon ton tüvenan kömür üreten ve % 20 atık ile 60.000 TL/ton maliyetle kömür yıkayan ve yıkanmış kömürün satış fiyatının 540.000 TL/ton olması durumunda brüt hasıla yine 432 milyar TL veya tüvenan kömür bazında 432.000 TL/ton olacaktır.

Türkiye'de kömür madenleri ve lavvarlar aynı organizasyon içinde çalıştırıldıklarından

yıkama maliyetlerinin çok hassas olduğu söylenemez. Ancak Tunçbilek-Ömerler'de yeni işletmeye alınan kömür yıkama tesisinin inşa maliyeti ve diğer işletme masrafları tam olarak bilindiğinden, kömür yıkama maliyeti hassas bir şekilde hesaplanabilmektedir.

a) Tunçbilek-Ömerler Yıkama Tesisi İşletme Maliyeti Hesabı:

- İşçilik;
60 işçi x 365 gün x 650.000 TL/yev.= 14.235 milyon TL

- Elektrik;
3.600.000 T/yıl x 4,5 kwh/t x 625 TL/kwh = 10.125 milyon TL

-Floku la nt;
0,9 kg x 40 t/h x 6.000 h/yıl x 35.500 TL/kg = 6.588 milyon TL

-Manyetit;
2,55 kg/ton x 3.600.000 t/yıl x 960.000 TL/ton x 10⁻³ = 8.813 milyon TL

- Bakım ve Onarım Masrafı;
3.600.000 t/yıl x 6.000 TL/t = 21.600 milyon TL

- Amortisman, Tesis Bedeli 197 milyar TL
Amortisman Süresi 4 yıl

$$\frac{197 \text{ milyar TL}}{4 \text{ YIL}} = 49.250 \text{ milyon TL}$$

TOPLAM: 110.611 milyon TL

TÜVENAN TON BAŞINA MALİYET =
110.611.000.000 TL/yıl = 30725 TL/ton
3.600.000 ton/yıl

b) ABD Kömür Yıkama Maliyetlerinden Bir Örnek

ABD'de lavvar çalıştıran bir işletmeci ile lavvar sahibi arasında yapılmış olan güncel bir mukaveleden aşağıdaki maliyet tesbiti yapılmıştır.

Tesisin Kapasitesi: 1.000.000 ton/yıl tüvenan
Tesis : Maden işletmecisine ait
Müteahhit : Mevcut lavvarın tüm masrafları kendisine olmak üzere çalıştıracak ve

Çizelge 8. Muhtelif Ana Kömür Yıkama Makina ve Teçhizatının Birim Maliyetleri

(Kısaltmalar: K= Kapasite, B= Boyut T.B= Besleme Tane Boyutu, ÜB= Ürün Boyutu, EB= Elek Boyutu, M= Motor HP, 0= Çap)

MAKİNA VE TEÇHİZAT	KARAKTERİSTİKLERİ	BİRİM FİYAT, FOB ABD \$
KIRICILAR		
DÖNER KIRICI	K= 1000 t/hr, B= 3,0x5,5 m, TB= 500x0 mm	572.000
TUVENAN KÖMÜR KIRICISI	K= 200 t/hr, TB=300x150 mm, ÜB= 150x0 mm	260.000
ELEKLER		
TUVENAN KÖMÜR ELEĞİ (Komple)	K= 600 t/hr, TB=150x0 mm, ÜB=18x0 mm	
İRİ KÖMÜR SÜZME ELEĞİ (Komple)	K= 108 t/hr, TB=150x18 mm, ÜB=-18 mm, EB= 1,82x4,87 m.	320.000
İRİ MİKST VE İST SÜZME ELEĞİ (Kompe)	K= 108 t/hr, TB=150x18 mm, ÜB=-18 mm, EB=1,82x4,87 m.	101.000
ŞLAM AYIRMA ELEĞİ (Komple)	K= 120 t/hr, TB=18x0mm ÜB=18x0,5 mm, EB=1,82x4,87 m.	103.000
İNCE KÖMÜR SÜZME ELEĞİ (Komple)	K= 65 t/hr, TB=18x10 mm, ÜB=10x0,5 mm, EB=1,82x4,87 m.	75.000
SİBENTLER (Şlam veya Kömür Komple)	K= 90 t/hr, TB=-0,5 mm, ÜB=0,5x0, 1 mm, B=2,5xl m.	102.000
ATIK SUDAN ARINTIRMA ELEĞİ (Komple)	K=18 t/hr, 27 m ³ /hr, EB=1,85x3.70 m. M=7,5 HP, Poliüretan Kaplama	111.000
AĞIR MAYI TEKNELERİ		
AĞIR MAYI TEKNESİ (Komple)	K= 360 t/hr, TB= 150 x 18 mm, B= 4,27 x 1,37 m	160.000
AĞIR MAYI TEKNESİ (Komple)	K= 216 t/hr, TB= 150 x 18 mm, B= 2,44 x 1,37 m	140.000
MANYETİK SEPERATÖRLER		
MANYETİK SEPERATÖR	K= 180 m ³ /hr, B= 3 x 0,9 m, Tek drumlu, M= 5 HP	66.000
MANYETİK SEPERATÖR	K= 205 m ³ /hr, B= 3 x 0,9 m, Ters döner tamburla M= 5 HP	67.000
MANYETİK SEPERATÖR	K= 40 m ³ /hr, B= 0,9 x 0,9 m, Ters tambur, M= 5 HP	40.000
ŞİKLONLAR		
TASNİF ŞİKLONU-HİDRO	K= 3 t/hr - 225 m ³ /hr, + = 500 mm	8.000
AĞIR SIVI ŞİKLONU	K= 93 t/hr - 280 m ³ /hr, * = 700 mm	16.000
AĞIR SIVI ŞİKLONU	K= 12 t/hr - 99 m ³ /hr, * = 375 mm	6.000
SANTRİFUJLAR		
KÖMÜR KURUTUCU SANTRİFÜJ	K= 60 t/hr, TB= 10 x 0,5 mm, M= 100 HP	142.000
KÖMÜR KURUTUCU SANTRİFÜJ	K= 60 t/hr, TB= 0,5 x 0,1 mm, M= 100 HP	145.000
MUHTELİF TEÇHİZAT		
-MANYETİK MİKNATISI	K= 8,7 t/hr, TB= 25 x 0 mm,	39.000
- TIKINER TEÇH.	Φ = 12 m, K= 659 m ³ /hr, TB=0.1 x 0 mm -40 t/h	234.000
- SİRAL	2 x 8'luk çift batarya 32 çıkış, K= 174 m ³ /h su, 58 t/hr katı, TB= 0,5 x 0,1 mm, fiberglass Φ = 1 m.	135.000
- KONVEYÖR MİKNATISI	Ebat= 280 x 168 x 71 cm, kendi kendini temizleyen, 8 KW	56.000
- METAL DEDEKTÖRÜ *		22.000
- KONVEYÖR OTOMATİK		
- NUMUNE ALICI		
: - BANT KANTARI	K= 1000 t/hr. Hassasiyet = % ± -L, elektronik	39.000-45.000
	2	15.000

Çizelge 8. (Devam)

POMPALAR

, TEMİZ SU POMPASI	M= 125 HP	h= 274 m	Q= 115 m ³	28.000
- AĞIR ORTAM POMPASI	M= 200 HP	h=21,8m	1050 m ³ /h	55.000
- AĞIR ORTAM POMPASI	M= 60 HP	h=13m	620 m ³ /h	40.000
- AĞIR MAYI SIKLON POMPASI	M= 250 HP	h=32m	845 m ³ /h	50.000
- AĞIR MAYI SIKLON POMPASI	M= 125 HP	h= 32,4 m	505 m ³ /h	37.000
- ŞLAM POMPASI	M= 125 HP	h= 35,3 m	790 m ³ /h	43.000
- ÖĞÜTÜLMÜŞ MANNETİT POMPASI	M= 20 HP	h= 33,6 m	68 m ³ /h	22.000
- SALMASTRI SUYU POMPASI	M= 20 HP	h=84 m	45,5 m ³ /h	10.000
- DERİŞİK ORTAM POMPASI	M= 250 HP	h= 10,5 m	21,8 m ³ /h	51.000

MUHTELİF TEÇHİZAT

TESSİS KONTROL VE İZLEME SİSTEMİ
ENSTRÜMANLARI VE YAZILIM

OTOMATİK KÜL ANALİZ CİHAZI
(Scanner)

İzotop: CS-137, Point Source= Am-241 kaynağı
Scintillation Sayıcı ve radyasyon göstergesi dahil

Kaya Şev Stabilitesi

Yazarlar
E. Hoek & J. W. Bray

Çevirenler
Prof. Dr. A. Günhan Paşamehmetoğlu
Doç. Dr. Abdurrahim Özenoğlu, Doç. Dr. Celal Karpuz



TMMOB MADEN MÜHENDİSLERİ ODASI YAYINI



Doç. Dr. Tevâk GÜTAĞÜLER



TMMOB MADEN MÜHENDİSLERİ ODASI YAYINI



yılda 1 milyon ton tüvenanı maden işletmecisinin spesifikasyonuna uygun olarak yıkayacak.

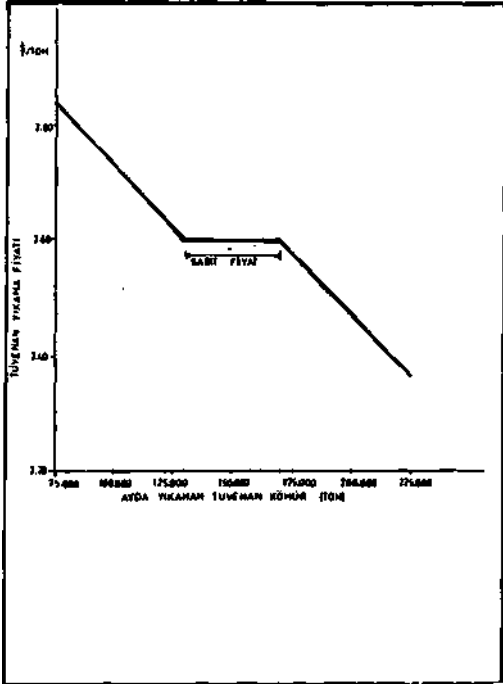
Müteahhitin Sorumlulukları: Tesisin çalıştırılması ile ilgili:

- Yönetim,
- İşçilik,
- Elektrik,
- Bakım,
- Yedek parça,
- Flokulant ve kimyasal maddeler,
- Manyetit,
- Mobil ekipman,
- Mühendislik,
- Numune alma,
- Laboratuvar analizleri,
- Çevre ve iş emniyeti,

konularını içeren tüm faaliyetler ve bunlara ait masraflar müteahhit tarafından karşılanacaktır.

Kömür yıkama fiyatı: 130.000-170.000 ton tüvenan/ay için = 2,60 \$/tüvenan ton'dur. Fiyat sabittir.

Yukarıda belirtilen besleme miktarının altında ve üstünde değişken fiyat uygulanır (bakınız Sekil 4Y



Şekil 4. Kullanılan kapasiteye göre değişen kömür yıkama fiyatları.

c) Değişik Yıkama Proseslerinin Ekonomik Mukayesesi

Herhangi bir kömür madeninden elde edilen tüvenan kömür değişik kapasitelerde ve değişik özelliklerde (kül, rutubet, tane iriliği) yıkanabilir. Şüphesiz tüvenan kömürden değişik özelliklerde yıkanmış kömür, belli özellik aralığında mümkün olur. Tüvenan kömürün külünün mümkün olan en düşük seviyeye düşürülerek yıkanması, muhtemelen tesis kaçaklarının artmasına, tesisin prosesinin karmaşık olmasına ve işletme giderlerinin fazlalığına sebep olacaktır. Buna karşılık aynı tüvenanın külünün nisbeten yüksek olacak biçimde yıkanması, tesis prosesinin basitliğine neden olacağından, tesis için yatırım maliyetinin düşüklüğüne ve işletme giderlerinin de düşmesine neden olacaktır. Bu nedenle herhangi bir kömürün hangi özelliklere göre yıkanacağı bir pazar araştırması gerektirmenin ötesinde, ekonomik mukayeseyi gerektiren oldukça karmaşık bir problemdir. Bu karmaşık problemin çözümü mühendislikte karşılaşılan bir çok problem ile benzerlik sağlamaktadır. Genel olarak mühendislikte karşılaşılan ekonomik sorunlar aşağıdaki gibidir:

- Fabrikanın kapasitesini yılda 1 milyon tonda tutup yatırım miktarını 5 milyar TL olarak 5 yılda tamamlamak mı ekonomiktir, yoksa kapasiteyi yılda 750 bin ton tutup yatırım miktarını 4 milyar TL olarak 2 yılda tamamlamak mı?

- Aşınmış olan kompresörü, 10 yıl daha çalışabilecek ikinci el bir kompresörle mi değiştirmeli, yoksa 2 yıl bekleyip, ekonomik ömrü 15 yıl olacak yeni bir kompresör almak mı daha ekonomik olur?

- Şu anda talebin çok daha üzerinde bir kapasite ile termik santral kurmak mı, yoksa bugünkü talebi karşılayacak ufak bir termik santral kurarak (kilowatt başına daha yüksek yatırım ile)beş yıl sonra bir yeni termik santral kurmak mı daha ekonomik olur?

- Mısır üretimini tamamen terk ederek, aynı tarla üzerinde 3 yıl sonra ürün vermeye başlayacak ve daha fazla gelir getirecek meyveciliğe mi başlamak daha ekonomiktir?

Çizelge 8. (Devam)

POMPALAR

, TEMİZ SU POMPASI	M= 125 HP	h= 274 m Q= 115 m ³	28.000
- AĞIR ORTAM POMPASI	M= 200 HP	h=21,8m 1050 m ³ /h	55.000
- AĞIR ORTAM POMPASI	M= 60 HP	h= 13m 620 m ³ /h	40.000
- AĞIR MAYI SIKLON POMPASI	M= 250 HP	h=3,2m 845 m ³ /h	50.000
- AĞIR MAYI SIKLON POMPASI	M= 125 HP	h= 32,4 m 505 m ³ /h	37.000
- ŞLAM POMPASI	M= 125 HP	h= 35,3 m 790 m ³ /h	43.000
- ÖĞÜTÜLMÜŞ MANNETİT POMPASI	M= 20 HP	h= 33,6 m 68 m ³ /h	22.000
- SALMASTRI SUYU POMPASI	M= 20 HP	h=8,4 m 45,5 m ³ /h	10.000
- DERİŞİK ORTAM POMPASI	M= 250 HP	h= 10,5 m 21,8 m ³ /h	51.000

MUHTELİF TEÇHİZAT

TESİS KONTROL VE İZLEME SİSTEMİ
ENSTRÜMANLARI VE YAZILIM

OTOMATİK KÜL ANALİZ CİHAZI
(Scanner)

İzotop: CS-137, Point Source= Am-241 kaynağı
Scintillation Sayıcı ve radyasyon göstergesi dahil

Kaya Şev Stabilitesi

Yazarlar
E. Hoek & J. W. Bray

Çevirenler
Prof. Dr. A. Günhan Paşamehmetoğlu
Doç. Dr. Abdurrahim Özenoğlu, Doç. Dr. Celal Karpuz



TMMOB MADEN MÜHENDİSLERİ ODASI YAYINI



Doç. Dr. Tevrik GÜTAĞÜLER



TMMOB MADEN MÜHENDİSLERİ ODASI YAYINI



ALTERNATİF A

TESİS KAPASİTESİ : 3.600.000 ton/yıl
TESİSİN MALİYETİ : 200 Milyar TL

TESİSTEN ELDE EDİLEN ÜRÜNLER:

Tane (mm)	Ton/yıl (10001)	K. Kül (%)	Rut. (%)	Fiyatı 1000 TL/t	Hasıla 106 TL
18/150	579	15	20	800	463.200
0.5/18	752	15	22	700	526.400
0.1/0.5	100	21	24	375	37.500
Mikst	330	45	22	230	75.900
TOPLAM	1:761				1.103.000

YIKAMA RANDIMANI : % 49
İŞLETME MASRAFLARI : 40.000 TL/ton
TÜVENAN KÖM.SATIŞ FİYATI : 198.000 TL/ton

Yıllar	Hasıla 109TL	Tüv.Sat. Hasılası 109 TL	İşi. Gider. 109 TL	Nakit Akımı 109 TL	İskonto Haddi %10	İndirgenmiş Nakit Akımı 109 TL
I	1.103	712,8	144	246,2	0,909	223,8
II	1.103	712,8	144	246,2	0,826	203,3
III	1.103	712,8	144	246,2	0,751	184,9
IV	1.103	712,8	144	246,2	0,683	168,1
V	1.103	712,8	144	246,2	0,621	152,9
					TOPLAM	933

B.G.D.= 933-200 = 933-200 = 733 Milyar TL

İNDİRGENMİŞ NAKİT AKIMI _ _ 933 _ = 466
YATIRIM 200

ALTERNATİF B

TESİS KAPASİTESİ : 2.000.000 ton/yıl
TESİSİN MALİYETİ : 141 Milyar TL

TESİSTEN ELDE EDİLEN ÜRÜNLER:

Tane (mm)	Ton/yıl (10001)	K. Kül (%)	Rut. (%)	Fiyatı 1000 TL/t	Hasıla 106 TL
18/150	490	27	21	600	294.100
0,5/18	522	24	22	550	287.100
0,1/0,5	110	26	24	350	38.500
TOPLAM	1.122				619.600

YIKAMA RANDIMANI : %56
İŞLETME MASRAFLARI : 37.000 TL/ton
TUVENAN KOM.SATIŞ FİYATI : 198.000 TL/ton

Yıllar	Hasıla 109TL	Tüv.Sat. Hasılası 109 TL	İş. Gider. 109 TL	Nakit Akımı 109 TL	İskonto Haddi %10	İndirgenmiş Nakit Akımı 109 TL
I	619,6	396	74	149,6	0,909	135,9
II	619,6	396	74	149,6	0,826	123,5
III	619,6	396	74	149,6	0,751	112,3
IV	619,6	396	74	149,6	0,683	102,2
V	619,6	396	74	149,6	0,621	92,9
					TOPLAM	566,8

B.G.D.= 566,8-141 = 425,8 Milyar TL

İNDİRGENMİŞ NAKİT AKIMI $\frac{566,8}{141}$ 4 02
YATIRIM 141

rulması daha ekonomiktir? Bu karmaşık su-
alin cevaplandırılması için her tesise ait
nakit akımının ortaya çıkartılması ve bu
değerlerin bugünkü değere indirgenmesi
gerekmektedir.

Söz konusu tesis için yapılacak yatırım
tutarının, bugünkü değere indirgenen nakit
akımından farkı alındığında, elde edilen
değer, karlılığın ölçüsünü göstermektedir. Bu
ölçü bazı durumlarda yanıltıcı olabilir.
Çünkü yatırım hacmine göre karlılığın
büyüklüğü ölçülmemektedir. Bu engeli ort-
tadan kaldırmak için indirgenmiş nakit
akımının, yatırım tutarına oranı alınarak,
yatırım hacmine göre en uygun seçenek
hesaplanabilir.

İncelediğimiz tesislerde alternatif A'nın
daha ekonomik bir tesis olduğu
anlaşılmaktadır. İndirgenmiş nakit akımının
yatırım tutarına oranı alternatif A'da 4,66
iken, alternatif B'de 4,02'dir.

5. SONUÇ

Herhangi bir kömür üretiminin yıkama te-
sisinde zenginleştirilmesinin araştırılması,
herşeyden önce kömürün yıkanabilme ka-
rakterinin incelenmesi ile başlamalıdır.
Şüphesiz bunun kadar önemli olan diğer
husus da pazar şartlarının incelenmesidir.

Yıkanmış kömürlerin, tüvenan kömür
tüketimine göre daha az çevreyi kirletmesi
söz konusudur. Tunçbilek kömürleri yıkanmış
bir şekilde piyasaya arz edildiklerinde,

çevreyi kirletici emisyon miktarı % 54
oranında azalmaktadır.

Termik santrallarda düşük küllü ve ho-
mojen vasıflı kömür tüketildiğinde, taşıma,
stoklama, öğütme, filtrelerine, kül atma,
işletme maliyetlerinde düşmeler, termik
verim ve emre amadelik oranlarında artışlar
olacağı kesindir. Bu konunun Türkiye'de
kömür ile çalışan tüm termik santrallarda
kapsamlı bir biçimde incelenmesi ge-
rekmektedir. İnceleme; maden, makina,
kimya ve elektrik mühendisliği disiplinleri ile il-
gili olduğundan, bu ihtisaslar biraraya ge-
tirilerek yapılmalıdır. Türkiye'de elektrik
üretiminde en ekonomik çalışma koşullarının
tesbiti ve uygulamaya konulması ile
sağlanacak tasarrufların veya ekonomik
faydaların devasa boyutlarda olacağı
açıktır. Bu konuda kömür üreticisi ve termik
santral işletmecisi arasında işbirliğine ihtiyaç
vardır.

KAYNAKLAR

1. Tunçbilek Lave ve Tüvenan Kömürlerinin DİN
18890-2 Standartlarına Göre Yapılan Yakma De-
neyleri Raporu, MTA, Aralık 1982, Ankara.
2. Physical Coal Beneficiation and Electricity
Costs, International Energy Agency-Coal Re-
search, February 1986,
3. 1991 Enerji Raporu, Dünya Enerji Konseyi, Türk
Milli Komitesi, Ocak 1993, Ankara.