

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

**KÖMÜRLERİN ÇEVREYE ETKİLERİNİN
İNCELENMESİ VE ENERJİ EKONOMİSİ
YÖNÜNDEN İYİLEŞTİRİLMESİNİN
ARAŞTIRILMASI**

Mak. Müh. Burhanettin ÇETİN

F.B.E. Makina Mühendisliği Anabilim Dalı Enerji Makinaları Programında
hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Burhan SUNGU

İSTANBUL, 1997

Y. Doç. Dr. Burhan Sungu

Prof. Dr. Nihat Tekin

Prof. Dr. Havan Heperkan



İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
1. GİRİŞ	1
2. ENERJİ KAYNAKLARI.....	2
3. DÜNYADA KÖMÜR KULLANMA EĞİLİMİ VE 2000 YILLARINDA KÖMÜR.....	11
3.1. Dünya Fosil Enerji Potansiyeli.....	11
3.2. Dünya Enerji Tüketimi ve Gelecek İçin Tahminler.....	12
3.3. Dünya Enerji Tüketiminde Kömürün Yeri.....	14
4. HAVA KİRLİLİĞİ VE KÖMÜR GERÇEĞİ.....	18
4.1. Hava Kirliliğinin Tarihi ve Dünyada Önemli Hava Kirliliği Olayları.....	18
4.2. Hava Kirliliğinin Tanımı.....	18
4.3. Hava Kirliliğinin Etkileri ve Standartlar.....	21
4.3.1. Hava Kirliliğinin Canlılar Üzerindeki Etkisi.....	21
4.3.2. İklim Üzerindeki Etkisi.....	22
4.3.3. Hava Kirliliği Standartları.....	22
5. TÜRKİYE’DE KÖMÜR KULLANMA EĞİLİMİ VE KÖMÜR KULLANIMININ ÇEVRE ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ.....	27
6. TÜRK LİNYİTLERİNİN ÖZELLİKLERİ VE TÜRKİYE’DE LİNYİT ÜRETİMİNİN BUGÜNKÜ DURUMU.....	37
6.1. Türk Linyitlerinin Kül İçerikleri.....	38
6.2. Türk Linyitlerinin Kükürt İçerikleri.....	38
6.3. Türk Linyitlerinin Nem İçerikleri.....	39
6.4. Türk Linyitlerinin Isıl Değerleri.....	40
6.5. Linyit Üretiminin Çevresel Etkileri.....	44
6.5.1. Çevresel Etkileri Azaltmaya Yönelik Teknik Önlemler.....	46
6.5.1.1. Linyitin Üretim Aşaması.....	46
6.5.1.1.1. Kurutma.....	46
6.5.1.1.2. Yıkama.....	46
6.5.1.1.3. Briketleme.....	47
6.5.1.1.4. Elle Ayıklama (Kriblaj).....	48
6.5.1.2. Linyitin Kullanım Aşaması.....	48
6.5.1.3. Termik Santraller.....	50

7. KÖMÜRLERDE YANMA OLAYI.....	51
7.1. Yanma Öncesi Linyit Kömürlerinin Temizlenmesinde Fiziksel Kömür Yıkama Yöntemleri.....	53
7.1.1. Spiral Ayırıcılar.....	54
7.1.2. Siklon ve Benzeri Ayırıcılar.....	57
7.1.2.1. Statik Ağır Ortam Ayırıcıları.....	57
7.1.2.2. Santrifüjlü Ayırıcılar.....	58
7.1.2.2.1. Vorsyl Ayırıcısı.....	61
7.1.2.2.2. Dynawhirlpool Ayırıcısı.....	61
7.1.2.2.3. Tri-Flo Ayırıcısı.....	62
7.1.3. Flotasyon.....	62
7.1.4. Jigler.....	63
7.2. Kömürün Susuzlandırılması Ve Kurutulması.....	65
7.3. İleri Kömür Yıkama Teknolojileri.....	66
7.3.1. Mikro-Hava Kabarcıklı Köpük Flotasyonu	66
7.3.2. Ağır Mayi Siklonları.....	67
7.3.3. Seçimli Salkımlaştırma.....	67
7.4. Yanma Odasında SO ₂ ve NO _x Kontrolü.....	68
7.4.1. Akışkan Yataklı Yakma Sistemleri.....	68
7.4.1.1. SO ₂ Kontrolü.....	70
7.4.1.2. No _x Kontrolü.....	72
7.5. Türkiye'deki Mevcut Durum.....	73
8. SONUÇ.....	79
9. KAYNAKÇA.....	82
ÖZGEÇMİŞ.....	83

TEŐEKKÖR

“Kömürlerin Çevreye Etkilerinin İncelenmesi ve Enerji Ekonomisi Yönünden İyileştirilmesinin Araştırılması” konulu tezimin tespiti ve incelenmesinde teşvik eden sayın Hocam Yrd.Doç.Dr. Burhan SUNGU Beye, tezin düzenlenmesi ve yazılmasında yardımcı olan değerli arkadaşlarım Mak.Müh. Tarkan SANDALCI, Mak.Müh. Serçin BASUT, Mak.Y.Müh. H. Hüseyin ERDEM, Mak.Y.Müh. Muammer AKGÜN, Mak.Y.Müh. H.Süleyman SEVİLGEN, Mak.Müh. A. Kadir EDREMİT, Mak.Y.Müh. Süleyman TOKAY, Mak.Y.Müh. Övün İÇİN'a ve yardımlarını esirgemeyen Maden Mühendisleri Odası çalışanlarına teşekkürlerimi sunarım.

Mak.Müh. Burhanettin ÇETİN

ÖZET

Bir ülkenin gelişmişlik seviyesini gösteren enerjinin kaynağı ve elde edilme yöntemi çok önemlidir. Dünya’da ve Türkiye’de elektrik enerjisinin büyük bir kısmı fosil yakıtlı termik santrallerden karşılanmaktadır. Termik santrallerde elektrik enerjisi üretiminin en büyük dezavantajı ise, baca gazı içerisindeki SO₂, NO_x, toz, yanmamış hidrokarbonlar, CO gibi kirleticilerdir.

Kömürlerin üretim aşamasından başlayıp taşınması ve kullanımına kadar geçen bütün safhalarda çevreye olumsuz etkileri vardır. Çevreyi kirleten bu olumsuzlukların giderilmesi için bir takım tedbirler alınmalıdır.

Düşük ısı değeri, yüksek kükürt, kül ve nem içerikleri nedeniyle çevre kirlenme potansiyeli yüksek olan linyitlerimizin gerek endüstri gerekse konutlarda kullanılması, atmosferdeki kirliliği arttırmaktadır. Birincil enerji kaynakları bakımından fazla zengin olmayan ülkemizde, en önemli ulusal enerji kaynaklarımızdan biri olan linyitlerimizin değerlendirilmesi gerekmektedir.

Bu çalışmada, düşük kaliteli linyitlerimize, yanma öncesi fiziksel yöntemlerin uygulanmasıyla özelliklerinin değiştirilebileceği, endüstriyel ve ısıtma amaçlı kullanıma en uygun, havayı en az kirlüten, külü, kükürdü ve rutubeti azaltılmış ve ısı değeri artırılmış linyitlerin elde edilebileceği açıklanmıştır.

Ülkemizde uygulama alanı fazla olmayan akışkan yatak teknolojisinin, düşük kaliteli linyit kömürlerimizin yakılmasında kullanılmasıyla yüksek yanma veriminin sağlanabileceği, SO₂ ve NO_x artırımının maksimuma çıkabileceği tesbit edilmiştir.

Sonuç kısmında ise, maliyet faktörü dikkate alınarak ülkemizde yapılması gereken ifade edilmiştir.

ABSTRACT

Energy sources and methods of producing energy are very important. Because it shows the level of development of a country. In the world and Turkey most of the electricity is produced by power plants that use fossil fuel. The biggest disadvantage of producing electricity in power plant is that the formation of pollutants such as SO₂, NO_x, CO, dust and unburned hydrocarbons in the flue gas.

Coals have a negative influence on the environment during all stages starting from transportation and their utilization. In order to get rid of these negative facts, a series of precautions have to be taken.

The intensive use of lignites which are potentially air pollutant due to their high sulphur, ash, humidity content and low calorific value, increases the pollution of atmosphere. The utilization of lignites, one of the most important energy sources of Turkey, is national since Turkey is not rich of other primary energy sources.

In this study, it has been explained that our low rank lignites can be applied some physical methods that can change their characteristics and they can be utilized for industrial and heating purposes as they will turn into least air pollutant lignites containing a lower level of ash and humidity with higher calorific values.

By means of utilizing fluidized bed combustion technology which does not have a wide area of application SO₂, NO_x holding can be reached.

In the final part, the necessary works which must be done in Turkey have been put forth by analyzing the economic principles and factors.

1. GİRİŞ

Önemi hepimizce bilinen ve fosil yakıtların başında gelen kömür, dünyada endüstri devriminin gerçekleşmesinde birinci ögedir. Kömür kaynaklarını bularak yeterince değerlendiren ülkeler, 19. yüzyılda endüstri devrimini gerçekleştirerek, bu günün gelişmiş ülkeleri durumuna gelmişlerdir. Kömür, önemini günümüzde de korumaktadır. Nitekim, bir ülkenin gelişmişlik ve kalkınmasının başlıca göstergeleri olan enerji ve demir-çelik üretimlerinin ana hammadde girdilerinin başında kömür gelmektedir.

Gelişmiş ülkelerde, kömürün üretildikten sonra doğrudan kullanımı hiç bir zaman söz konusu olmamaktadır. Kömür nitelikleri, uygulanan fiziksel, kimyasal ve ısı işlemlerle değiştirilmekte, endüstriyel ve ısınma amaçlı kullanıma en uygun, havayı en az kirleten, külü, kükürdü ve rutubeti azaltılmış kömürler elde edilmektedir.



2. ENERJİ KAYNAKLARI

Enerji ,hareket halindeki kuvvet ve iş veren bir sistemin sahip olduğu yetenektir. Diğer bir deyişle sistemin iş yapabilme yeteneğidir. Termodinamiğin birinci kanununda belirtildiği gibi enerjinin toplam niceliği deyişmez. Ama karşımıza deyişik formlarda çıkar. Bunlar; termik(ısı), mekanik, kinetik, potansiyel, elektrik, manyetik, kimyasal ve nükleer enerjidir. Tabiatta bulunan deyişik enerji kaynakları kullanılarak bu enerji kaynakları elde edilir.

Enerji kaynaklarını deyişik sınıflandırmalara tabi tutmak mümkündür. Öncelikle enerji kaynaklarında kendi menşelerine göre sınıflandırılır. Bu sınıflandırmaya göre birincil ve ikincil enerji kaynağı diye iki gruba ayırmak mümkündür

Enerji kaynağının tabiattan elde edilen ilk formuna birincil enerji kaynağı denilir. Taşkömürü, linyit, asfaltit, petrol, doğalgaz, hidrolik, jeotermal, güneş,odun, hayvan ve bitki artıkları bu sınıfı oluştururlar. Türkiye'nin birincil enerji kaynaklarından taşkömürü, linyit ve asfaltit rezervleri Tablo 2.1'de, uranyum ve toryum rezervleri Tablo 2.2' de, hampetrol ve doğalgaz rezervleri Tablo 2.3' de, jeotermal enerji rezervi Tablo 2.4'de verilmiştir. (Altaş M, 1994)

Tablo 2.1 Taşkömürü, linyit, asfaltit rezervleri (1993) (Altaş M, 1994)

Birincil enerji kaynağı	Orjinal Birim	Görünür Rezerv	Mümkün Rezerv	Muhtemel Rezerv	Toplam Rezerv	İşletilebilir Rezerv
Taşkömürü	Binton	185089	765687	417465	1368241	----
Linyit	Binton	7339046	625936	110014	8374372	3907958
Asfaltit	Binton	45473	28897	7579	81949	14000

Tablo 2.2 Uranyum ve toryum rezervleri (1993) (Altaş M, 1994)

Birincil enerji kaynağı	Orjinal birim	Görünür rezerv
Uranyum	Ton	9129
Toryum	Ton	380000

Tablo 2.3 Hampetrol ve doğalgaz rezervleri (1993) (Altaş M, 1994)

Birincil enerji kaynağı	Orjinal birim	Rezervuar toplamı	Üretilen toplam	Kümülatif üretim	Kalan üretilebilir
Hampetrol	Binton	954009	128322	89203	39119
Doğalgaz	Milyon m ³	17489	11938	2131	9807

Tablo 2.4 Jeotermal enerji potansiyeli (1993) (Altaş M, 1994)

Birincil enerji kaynağı	Birim	Teorik potansiyel	Belirlenen potansiyel
Jeotermal elektrik	MW _e	4500	200
Jeotermal ısı	MW _t	31100	1000

Tablolardan da anlaşılacağı gibi Türkiye taşkömürü ve linyit rezervleri açısından zengin sayılabilecekken hampetrol, doğalgaz ve jeotermal rezervler açısından fakirdir.

Tablo 2.8’de Türkiye’nin birincil enerji kaynaklarının orjinal birimlerle üretim miktarlarının ve üretim içerisindeki paylarının 1970-1993 yılları arasındaki değişimi verilmiştir. Tablo 2.9’da ise yine aynı yıllar arasında tüketim miktarları ve tüketim içerisindeki payları verilmiştir. Tablo 2.8’de görüldüğü gibi 1970 yılında % 26.5 payla odun birinci sırada, % 25.7 payla petrol ikinci sırada ve % 19.2 payla taşkömürü üçüncü sıradadır. Yıllar itibarı ile bu oranlar değişerek 1993 yılında % 36.6 payla linyit birinci sırayı, % 20.3 payla odun ikinci sırayı ve % 15.2 payla petrol üçüncü sırayı almıştır. Odunun 1970’deki % 26.5 gibi yüksek bir paydan 1993’de % 20.3 paya düşmesi olumlu bir gelişmedir. Fakat milli bir servet olan ve ormanlardan sağlanan odunun bu payı da yüksektir. Taşkömürü’nün payı büyük oranda azalırken linyitin payı 1970 de % 12’den 1993 de % 36.6’ya çıkmıştır.

Birincil enerji kaynaklarından herhangi bir metotla dönüştürülerek elde edilen enerji formuna ikincil enerji kaynağı denilir. Elektrik, ısı, mekanik vb. enerji formları bu grubu dahildirler. Bu enerjilerin hepsi değişik sektörlerde kullanım sahası bulmasına rağmen taşıma ve kullanım gibi avantajlarından dolayı en çok kullanım sahası bulan enerji türü elektrik enerjisidir.

Diğer bir sınıflandırma enerji kaynağının yenilenebilir özelliğine göredir. Enerji kaynakları tükenen ve yenilenebilir olmak üzere ikiye ayrılır. Tükenen enerji kaynakları doğrudan doğruya yeraltı zenginliklerine , yenilenebilir enerji kaynakları ise coğrafi yapı ve tabiat koşullarına bağlıdır.

1-) Tüklenen enerji kaynakları

- a) Fosil yakıtlar (Katı, sıvı, gaz)
- b) Jeotermal kaynaklar
- c) Nükleer kaynaklar

2-)Yenilenebilir enerji kaynakları

- a) Hidrolik enerji
- b) Güneş enerjisi
- c) Rüzgar enerjisi
- d) Gel-git enerjisi
- e) OTEC enerjisi
- f) Dalga enerjisi

Tüklenen enerji kaynaklarının rezervleri yeni rezervler bulunamadığı sürece azalmaya devam edecektir. Bu kaynaklar içerisinde fosil yakıtlar büyük öneme sahiptir. Katı, sıvı ve gaz halinde bulunabilirler. En çok kullanılan katı yakıtlar taşkömürü, linyit, sıvı yakıt petrol ve gaz yakıt doğalgazdır. Tüketim miktarı ve tüketim miktarı artışı geçmiş senelerin değerleri baz alınarak fosil yakıtların rezervlerinin bitiş yılları için tahminler yapılmaktadır. Tarafımdan oluşturulan Tablo 2.5’de Türkiye için tüketim miktarlarına göre hesaplanan fosil yakıtların ömürleri verilmiştir.

Tablo 2.5 Tüklenen enerji kaynaklarının tüketim miktarları ve tüketim artış hızına göre ömürleri, 1993

Tüklenen enerji kaynağı	Orjinal birim	Rezerv	Tüketim miktarı	Tüketim artış hızı (%)	Ömür (Yıl)
Taşkömürü	Binton	1368241	8544	2.817	61.4
Linyit	Binton	8374372	47340	10.36	30
Hampetrol	Binton	954009	27074	5.97	19.5
Doğalgaz	Milyon m ³	17489	5088	12.78	3

Tablodaki rezerv değerleri ve tüketim miktarları 1993 yılına ait değerlerdir. Tüketim artış hızı 1970-1993 yılları arasındaki artış miktarlarının ortalaması alınarak bulunmuştur. Bu değerler kullanılarak yapılan hesaplarda bulunan ömür Tablo 2.5’de görüldüğü gibi Türkiye için gelecekteki enerji açısından endişe vericidir. Burada

dikkat edilmesi gereken nokta üretimin tüketimi karşılama oranıdır. Türkiye'deki tükenen enerji kaynaklarının 1993 yılı tüketim ve üretim değerleri alınarak üretimin tüketimi karşılama oranları hesaplanmış ve Tablo 2.6' da verilmiştir.

Tablo 2.6 Türkiye'de tükenen enerji kaynaklarında üretimin tüketimi karşılama oranları, 1993

Tükenen enerji kaynağı	Orjinal birim	Üretim miktarı	Tüketim miktarı	Kaşılama oranı (%)
Taşkömürü	Binton	2789	8544	32.6
Linyit	Binton	45286	47340	95.7
Hampetrol	Binton	3892	27074	14.7
Doğalgaz	Milyon m ³	200	5088	4

Tablodan görüldüğü gibi tüketilen miktarların taşkömüründe % 32.6' sı, linyitte % 95.7' si, hampetrolde % 14.7' si ve doğalgazda % 4' ü yerli kaynaklardan karşılanmaktadır. Linyit dışındaki enerji kaynaklarının yerli kaynaklarca karşılama oranları çok düşüktür. Buda Türkiye'nin enerji açısından büyük oranda dışa bağımlı olduğunu göstermektedir. Gelecekte bu açığın daha da artacağı tahmin edilmektedir.

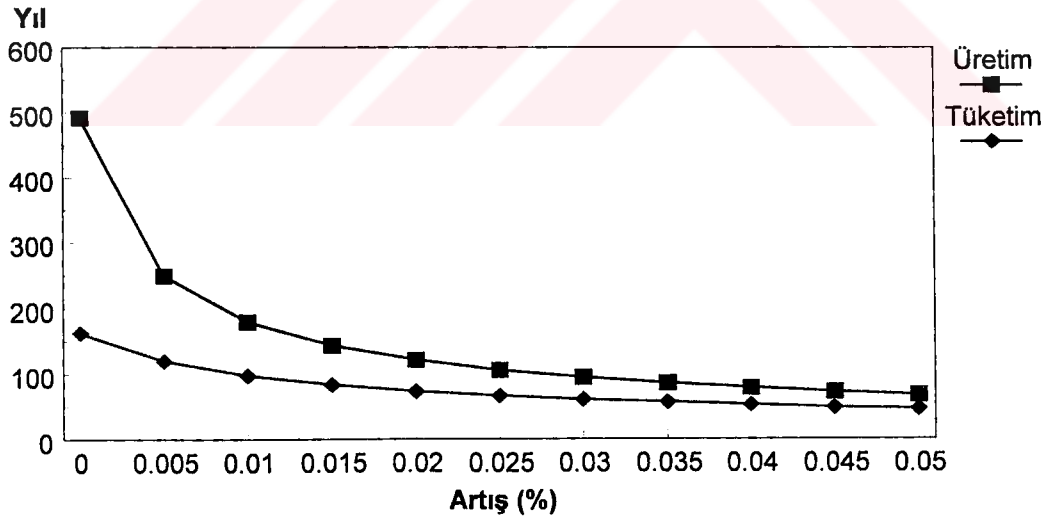
Tüketilen miktarın tamamının üretimce karşılanamaması rezervlerin Tablo 2.5'de belirlenen sürelerden daha uzun süre yeteceğini göstermektedir. Üretim miktarı ve üretim miktarı artışı göz önüne alınarak yapılan hesaplar sonunda bulunan ömür değerleri Tablo 2.7' de verilmiştir.

Tablo 2.7 Tükenen enerji kaynaklarının üretim miktarları ve artışlarına göre hesaplanan ömür değerleri

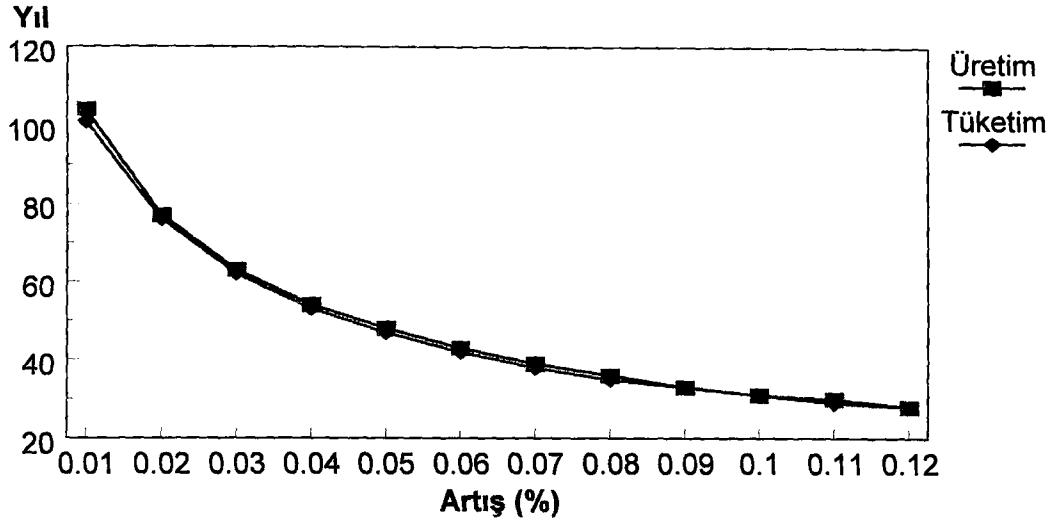
Tükenen enerji kaynağı	Orjinal birim	Rezerv	Üretim miktarı	Üretim artış hızı (%)	Ömür (Yıl)
Taşkömürü	Binton	1368241	2789	0.57	234.7
Linyit	Binton	8374372	45286	10.26	30.6
Hampetrol	Binton	954009	3892	0.6	151.2
Doğalgaz	Milyon m ³	17489	200	4	38.3

Linyitte üretimin tüketimi karşılama oranı % 95.7 olduğundan ömür miktarında değişiklik fazla değildir. Fakat diğer enerji kaynaklarında karşılama oranı düşük olduğundan ömürde büyük oranda artma meydana gelmiştir. Türkiye'nin lehine gibi gözükse de bu durum aslında aleyhinedir. Çünkü üretim miktarına göre hesaplanan ömrün artması Türkiye'nin enerji kaynakları açısından dışa bağımlılığının artması anlamına gelir. Enerji üretimi ve tüketimindeki artışla beraber rezerv ömürlerinde de azalma meydana gelecektir. Artış ile rezerv ömürlerinin değişimini incelemekte fayda vardır. Bu amaçla geçmiş yıllardaki üretim ve tüketim artış hızları sayesinde belirlenen sınır değerler arasında artış değişken alınmış ve ömür (yıl) - artış hızı (%) eğrileri fosil yakıtlar için ayrı ayrı oluşturulmuştur. Üretim ve tüketim artış hızı sınırları taşkömürü için % 0 - % 6, linyit için % 0 - % 13, doğalgaz için % 0 - % 18 ve hampetrol için % 0 - % 7 alınmış ve grafikleri tarafımdan oluşturulmuştur.

Grafik 2.1'de taşkömüründe, grafik 2.2'de linyitte, grafik 2.3' de doğalgazda, ve grafik 2.4' de hampetrolde hem üretim hemde tüketim için, artış hızı değişimi ile rezerv ömrü değişimi ayrı ayrı verilmiştir.

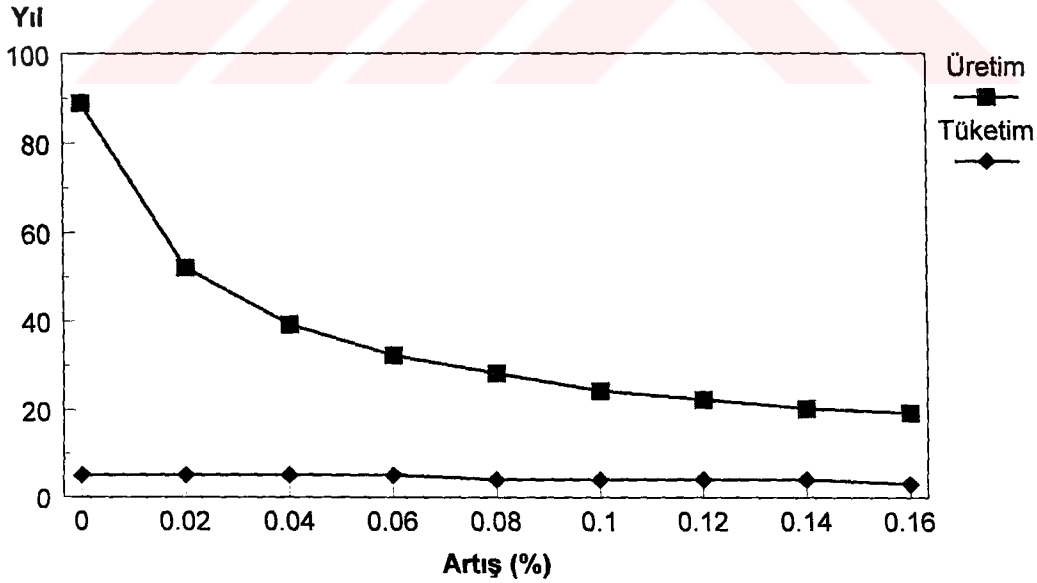


Grafik 2.1 Taşkömüründe üretim ve tüketim artış hızı değişimi ile rezerv ömrü değişimi

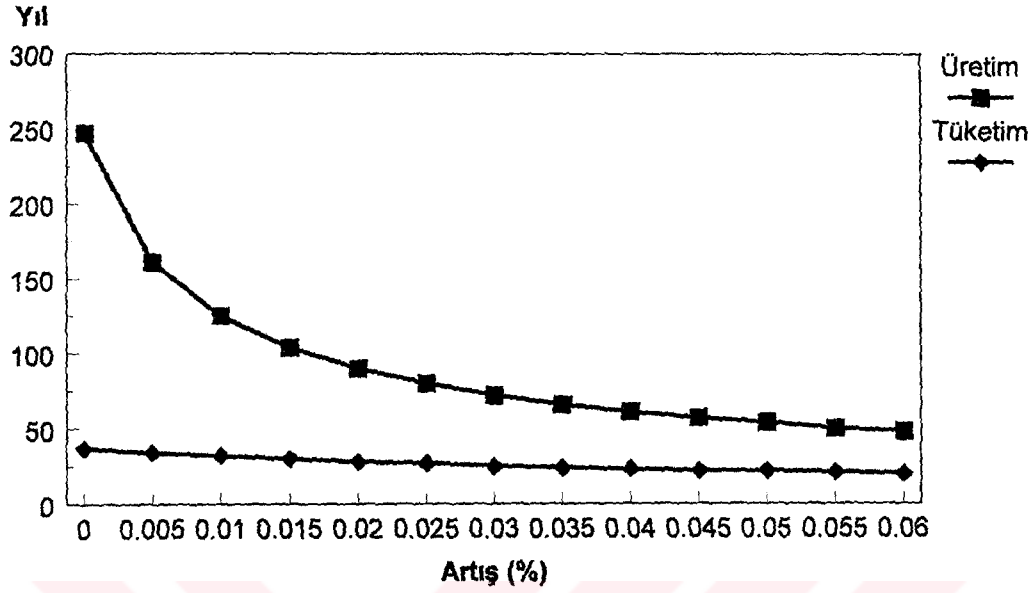


Grafik 2.2 Linyitte üretim ve tüketim artış hızı değişimi ile rezerv ömrü değişimi

Taşkömüründe düşük artış hızlarında üretim ile tüketim arasında büyük fark vardır. Fakat yüksek artış hızlarında ömür değerinin düşmesi ile beraber iki eğri birbirine yaklaşmaktadır. Linyitte ise tüketim büyük oranda yerli kaynaklardan karşılandığından iki eğri çakışık gibidir. Artış hızının artması ile beraber ömür hızlı bir düşüş gösterir.



Grafik 2.3 Doğalgazda üretim ve tüketim artış hızı değişimi ile rezerv ömrü değişimi



Grafik 1.4 Hampetrolde üretim ve tüketim artış hızı değişimi ile rezerv ömrü değişimi

Doğalgazda büyük oranda dışa bağımlı olduğumuzdan iki eğri arasında büyük oranda fark vardır. Ayrıca yerli rezervlerin az olmasından dolayı tüketim eğrisi hemen hemen lineer bir değişim gösteriyor. Çünkü tüketim için 5-3 yıl gibi çok az bir aralıkta ömür değişmektedir. Hampetrolde de dışa bağımlılık fazla olduğundan tüketim artış hızı ile değişimi doğrusallık gösterir. Bu eğrilerden de görüldüğü gibi enerji üretimi ve tüketiminde kömürlerin önemli bir yeri vardır.

Tablo 2.8 Birincil enerji kaynakları üretimi ve üretim içindeki payları (Altaş M,1994)

	Taskömrü		Linyit		Asfalt		Petrol		Doğalgaz		Hidrolik		Jeotermal elektrik		Odun		Bitki ve Hayvan artıkları		Güneş		
	Binton	%	Binton	%	Binton	%	Binton	%	Binton	%	10 ⁶ m ³	%	GWh	%	GWh	%	Binton	%	Binton	%	Bintep
1970	4573	19.2	5782	12.0	36	0.1	3542	25.7	---	---	3033	1.8	---	---	12816	26.5	9253	14.7	---	---	
1971	4639	19.7	6222	13.0	23	0.1	3452	25.3	---	---	2610	1.6	---	---	12189	25.5	9316	14.9	---	---	
1972	4641	18.7	7342	14.5	168	0.5	3388	23.4	---	---	3204	1.8	---	---	13503	26.7	9514	14.4	---	---	
1973	4642	18.1	7754	14.9	289	0.8	3511	23.6	---	---	2603	1.4	---	---	13847	26.6	9807	14.5	---	---	
1974	4965	18.8	8354	15.5	394	1.0	3309	21.5	---	---	3356	1.8	---	---	14500	27.0	10088	14.4	---	---	
1975	4813	17.9	9150	16.7	456	1.2	3095	19.8	---	---	5904	3.1	---	---	14562	26.6	10495	14.7	---	---	
1976	4632	17.2	11146	18.3	443	1.2	2595	16.6	15	0.1	8375	4.4	---	---	14734	26.9	11002	15.4	---	---	
1977	4405	16.0	12176	19.4	434	1.0	2713	16.9	18	0.1	8372	4.4	---	---	14898	26.7	11276	15.4	---	---	
1978	4295	14.7	15122	22.8	297	0.7	2736	16.2	22	0.1	9335	4.5	---	---	15248	25.7	11750	15.2	---	---	
1979	4051	14.3	13127	19.4	203	0.5	2831	17.2	34	0.2	10286	5.1	---	---	15506	26.9	12258	16.3	---	---	
1980	3598	12.7	14469	21.6	558	1.4	2330	14.1	23	0.1	11384	5.6	---	---	15765	27.3	12839	17.1	---	---	
1981	3970	13.3	16476	23.4	560	1.3	2363	13.6	16	0.1	12616	5.9	---	---	16023	26.4	12689	16.0	---	---	
1982	4008	12.8	17804	24.4	860	1.9	2333	12.8	45	0.2	14167	6.4	---	---	16760	26.3	12607	15.2	---	---	
1983	3539	11.2	20956	28.0	750	1.7	2203	12.0	8	0.0	11343	5.1	---	---	17086	26.7	12748	15.3	---	---	
1984	3632	11.0	26115	32.3	225	0.5	2087	10.9	40	0.2	13426	5.7	22	0.1	17256	25.7	11978	13.7	---	---	
1985	3605	10.1	35869	37.8	523	1.0	2110	10.2	68	0.3	12045	4.8	6	0.0	17368	24.0	11039	11.7	---	---	
1986	3526	9.3	42284	38.5	607	1.1	2394	10.8	457	1.8	11873	4.4	44	0.2	17570	22.7	11399	11.3	5	0.1	
1987	3461	8.5	42896	39.6	631	1.1	2630	11.1	297	1.1	18618	6.5	58	0.2	17693	21.4	11242	10.4	10	0.1	
1988	3256	9.1	35338	35.3	624	1.1	2564	11.1	99	0.4	28950	10.2	68	0.2	17711	21.8	11365	10.7	13	0.1	
1989	3038	8.0	48762	41.4	416	0.7	2876	11.8	174	0.6	17940	6.1	63	0.2	17815	21.0	11217	10.1	16	0.1	
1990	2745	8.1	44407	36.9	276	0.5	3717	15.1	212	0.7	23148	7.7	80	0.3	17870	20.8	11080	9.9	21	0.1	
1991	2762	7.1	43207	35.3	139	0.2	4451	18.1	203	0.7	22683	7.5	81	0.3	17970	20.9	11000	9.8	27	0.1	
1992	2830	6.4	48388	38.8	213	0.3	4281	16.6	198	0.7	26568	8.4	70	0.2	18070	20.0	10922	9.3	32	0.1	
1993	2789	6.4	45286	36.6	86	0.1	3982	15.2	2000	0.7	33951	10.9	78	0.2	18171	20.3	10842	9.3	38	0.1	

Tablo 2.9 Birincil enerji kaynakları tüketimi ve tüketim içindeki payları (Altaş M, 1994)

	Taskömrü		Linyit		Asfalt		Petrol		Doğalgaz		Hidrolik		Jeotermal elektrik		Odun		Bitki ve Hayvan artıkları		Elektrik ithalatı		
	Binton	%	Binton	%	Binton	%	Binton	%	Binton	%	10 ⁶ m ³	%	GWh	%	GWh	%	Binton	%	Binton	%	Binton
1970	4727	14.5	5772	9.2	36	0.1	7579	42.2	---	---	3033	1.4	---	---	12816	20.4	9253	11.3	---	---	
1971	4651	14.2	6376	9.5	23	0.0	8819	46.2	---	---	2610	1.1	---	---	12189	18.2	9316	10.7	---	---	
1972	4638	12.8	7355	9.9	168	0.3	10215	47.9	---	---	3204	1.2	---	---	13503	18.1	9514	9.8	---	---	
1973	4595	11.5	7642	9.4	290	0.5	11995	51.5	---	---	2603	0.9	---	---	13847	17.0	9807	9.2	---	---	
1974	5031	12.4	8188	9.6	394	0.7	12132	50.0	---	---	3356	1.1	---	---	14500	17.1	10088	9.1	---	---	
1975	5959	11.0	8973	9.8	456	0.7	13503	51.8	---	---	5904	1.9	---	---	14562	16.0	10495	8.8	96	0.1	
1976	5005	10.3	10998	10.0	443	0.6	14992	53.1	15	0.1	8372	2.4	---	---	14734	14.9	11002	8.5	332	0.1	
1977	5057	9.6	11675	9.6	434	0.6	17230	55.8	18	0.1	8572	2.3	---	---	14989	13.9	11276	8.0	492	0.1	
1978	4696	8.9	13235	10.7	297	0.4	17010	54.9	22	0.1	9335	2.5	---	---	15248	14.1	11750	8.3	621	0.2	
1979	4898	9.7	13882	11.6	203	0.3	14796	50.7	34	0.1	10289	2.9	---	---	15506	15.2	12258	9.2	1044	0.3	
1980	4630	8.9	15243	12.4	558	0.8	15309	50.4	23	0.0	11348	3.1	---	---	15765	14.8	12838	9.3	1341	0.4	
1981	4522	8.6	16179	13.1	560	0.8	15090	49.5	16	0.1	12616	3.4	---	---	16023	15.0	12638	9.1	1616	0.4	
1982	5044	8.9	17716	13.5	861	1.1	16127	49.4	45	0.0	14167	3.6	---	---	16760	14.7	12607	8.5	1773	0.4	
1983	5336	9.0	20663	14.9	750	0.9	16705	49.3	8	0.1	11343	2.7	---	---	17086	14.4	12748	8.2	2221	0.5	
1984	5678	9.5	25632	17.2	225	0.3	16990	47.9	40	0.2	13426	3.1	22	0.1	17256	13.9	11978	7.4	2653	0.6	
1985	6189	9.8	34767	20.3	523	0.6	17270	46.3	68	1.0	12045	2.6	6	0.0	17368	13.3	11039	6.5	2142	0.5	
1986	6545	9.4	42345	21.0	607	0.6	18688	46.5	457	1.4	11873	2.4	44	0.1	17570	12.5	11399	6.2	777	0.2	
1987	7220	9.8	40653	19.7	631	0.6	21239	47.9	735	2.3	18618	3.4	58	0.1	17693	11.4	11242	5.5	572	0.1	
1988	7525	11.0	33080	16.6	624	0.6	21302	47.4	1225	5.7	28950	5.2	68	0.1	17711	11.1	11365	5.5	381	0.1	
1989	6828	9.4	47557	20.2	409	0.3	21732	45.3	3162	5.8	17940	3.1	63	0.1	17815	10.6	11217	5.1	559	0.1	
1990	8191	12.2	45891	18.3	287	0.2	22700	44.8	3428	7.0	23148	3.7	80	0.1	17870	10.1	11080	4.8	176	0.1	
1991	8824	12.6	48851	19.4	139	0.1	22113	42.7	4205	7.4	22683	3.6	81	0.1	17970	9.9	11000	4.6	759	0.0	
1992	8841	11.9	50659	18.8	197	0.1	23660	43.6	4612	7.6	26568	4.0	70	0.1	18070	9.5	10922	4.4	189	0.0	
1993	8544	10.9	47340	16.9	102	0.1	27074	46.6	5088	7.6	33951	4.8	78	0.1	18171	8.9	10842	4.1	213	0.1	

3. DÜNYADA KÖMÜR KULLANMA EĞİLİMİ VE 2000 YILLARINDA KÖMÜR

Kömür birincil enerji kaynaklarının en önemlisidir. Enerji ise, medeniyet ve endüstrinin temelini oluşturmaktadır. Ülkelerin kalkınmışlık düzeyinin de kişi başına düşen enerji tüketimi ile ölçüldüğü herkes tarafından bilinmektedir.

Halen dünya enerji tüketimi milyarlarca ton eşdeğer taşkömürü (TET) yakıt olarak verilmektedir. Gelecek yıllarda ise, bu miktar hızla artmaya devam edecektir. Dünya enerji ihtiyacı, çeşitli kaynaklardan karşılanmaktadır.

- Kömür, petrol ve doğalgazı içine alan fosil enerji kaynakları
- Su kaynakları
- Nükleer enerji
- Biogaz, odun, güneş, rüzgar, gel-git, termal enerji gibi, yenilenebilir veya alternatif enerji kaynakları.

Bu enerji kaynaklarından fosil enerji türleri dünyanın jeolojik evrimi esnasında oluşmuşlar ve kullandıkça tükenen enerji kaynaklarıdır. Buna rağmen, günümüzde tüketilen enerjinin büyük bir bölümü, bu kaynaklardan sağlanmaktadır.

3.1. Dünya Fosil Enerji Potansiyeli

Literatürler incelendiğinde, dünya fosil enerji potansiyeli hakkında değişik verilere rastlamak mümkündür. Tablo 3.1'de görüldüğü gibi petrol, doğalgaz ve kömür olarak toplam görünür dünya fosil enerji rezervi 1178 milyar TET olarak verilmektedir. Bu miktarın % 69'a yakın kısmında kömür oluşturmaktadır. Geri kalan kısmı ise % 18 petrol ve % 13 doğalgazdan oluşmaktadır.

Tablo 3.1'de görülen önemli bir hususta, Kuzey Amerika, Batı Avrupa, Uzakdoğu ve Avustralya gibi, sanayileşmiş ve enerji tüketimi çok olan ülkelerin, fosil enerji türlerinden daha ziyade kömüre sahip olmalarıdır. Bu nedendir ki, son zamanlarda, kömür kullanımını arttırmak ve kömürü daha verimli ve çevreye az zararlı olarak kullanabilme yönünde, yoğun araştırmalar yapılmaktadır.

Tablo 3.1 Dünya Fosil Enerji Kaynakları (Siegel J, 1992)

	Petrol		Doğalgaz		Kömür		Toplam	
	10 ⁹ TET	%	10 ⁹ TET	%	10 ⁹ TET	%	10 ⁹ TET	%
Kuzey Amerika	18.46	7.5	13.08	5.3	214.75	87.2	246.3	100
Orta ve Güney Amerika	14.32	49.3	6.31	21.7	8.41	2.9	29.04	100
Batı Avrupa	3.83	4.5	7.56	8.7	75.02	86.8	86.51	100
D. Avrupa ve SSCB	12.55	3.8	60.13	18.4	253.57	77.8	326.25	100
Ortadoğu	137.85	74.0	48.25	25.9	0.15	0.1	186.25	100
Afrika	12.28	16.4	10.50	14.0	51.97	69.5	74.75	100
U. Doğu ve Avustralya	9.1	4.2	11.15	4.9	208.05	90.9	228.91	100
TOPLAM	209.1	17.8	156.99	13.3	811.92	68.9	1178.01	100

3.2. Dünya Enerji Tüketimi ve Gelecek İçin Tahminler

Eylül 1992 sonunda “15. Dünya Enerji Konferansı” nedeniyle, “Dünyanın yarını için enerji kaynakları” adlı geniş çaplı bir araştırma yapılmıştır. Bu araştırmada enerji kullanımındaki artış üç farklı yaklaşımla, yani üç farklı senaryo ile hesaplanmıştır. (Tablo 3.2) Birinci yaklaşım referans senaryosu (REC= Reference case) olarak adlandırılmış ve bu senaryoda, dünya gelirinde yıllık % 3.3’lük bir artış öngörülürken, enerji tasarrufunda geçmişe göre çok daha başarılı olunacağı varsayılmıştır

Bu yaklaşımla, 1990 yılında 12 milyar TET olan dünya enerji tüketiminin 2020 yılında 19 milyar TET’ü enerji miktarına ulaşacağı tesbit edilmiştir.

İkinci yaklaşımda, gelişme senaryosu (EED = Enhanced Economic Development Case) birinci yaklaşımdan farklı olarak gelişmekte olan ülkelerin değerlerine göre % 1 daha fazla kalkınacakları öngörülmüştür. Bu senaryoda dünya tüketiminin birinciye göre daha hızlı artacağı ve 2020 yılında 25 milyar TET’üne ulaşacağı hesaplanmıştır.

Üçüncü yaklaşım ekolojik senaryoda ise, (ED= Ecologically Driven Case) termik santrallarda öngörülen iyileştirme ve verim artışlarının gerçekleşeceği ve büyük ölçüde enerji tasarrufu sağlanacağı varsayılmaktadır. Bu gelişmelerin sonucu olarak ta,

dünya gelir artışı yine % 3.3 olarak alındığı halde, enerji tüketimi öteki senaryolara göre daha az artmakta ve 2020 yılında 16 milyar TET'üne ulaşmaktadır.

Bu senaryolardan hangisinin daha gerçekçi olduğu söylenmemektedir. Ancak, gerçekleşmenin üst değer olan 25 milyar TET ile alt değer olan 16 milyar TET arasında olması beklenmektedir.

Tablo 3.2 Çeşitli yaklaşımlarla 2020 yılında dünya enerji tüketim tahminleri (Önal G,1993) ; (10⁹ TET)

Enerji Cinsi	1990	EED 2020	REC 2020	ED 2020
Petrol	4	6.6	5.3	3.9
%	32	27	28	24
Kömür (*)	3.3	6.9	4.6	3.0
%	26	28	24	19
Doğalgaz	2.4	5.0	4.0	3.3
%	19	20	21	21
Su (**)	0.7	1.7	1.4	1.3
%	6	7	7	9
Nükleer	0.6	1.4	1.1	1.0
%	5	6	6	6
Yenilenebilir Enerji Kaynakları (***)	1.4	2.8	2.6	3.5
%	11	11	14	22
Toplam	12.5	24.7	19.1	16.0
%	100	100	100	100

(*) Turba ve bitki artıkları dahil

(**) Jeotermal enerji ve gel-git santralleri dahil

(***) OECD ülkelerinde bitki artıkları hariç

3.3. Dünya Enerji Tüketiminde Kömürün Yeri

1990 yılında 3.3 milyar TET'ü olan kömür tüketiminin, farklı yaklaşımlarda farklı miktarlara erişeceği hesaplanmıştır. Örneğin ekolojik senaryoda, 1990 yılındaki kömür tüketiminin 2020 yılında azalacağı ve 3 milyar TET'e ineceği hesaplanırken, gelişme senaryosunda ise 6.9 milyar TET'e ulaşacağı tahmin edilmektedir.

(Önal G,1993)

Ekolojik senaryoda öngörülen kısıtlamalar, yeni teknolojilerin geliştirilmesini ve uygulanmasını zorunlu kılmakta ve bu da büyük yatırımlar gerektirmektedir. Gelişmekte olan ülkelerin ise, bu yatırımı gerçekleştirecek olanakları yoktur. Gelecek 25 yıl içinde enerji tüketimlerini 2-3 katına çıkaracak olan bu ülkeler (Tablo 3.3) ucuz enerji kaynaklarına ve ucuz enerji üreten teknolojilere yöneleceklerdir. Bu nedenle, 2000'li yıllarda, dünya kömür tüketiminin en az referans senaryosunda öngörülen miktarda artması yani 4.5 - 5 milyar TET miktara ulaşması söz konusu olacaktır.

Tablo 3.3 Dünya enerji tüketiminin bölgelere göre dağılımı ve dağılım tahminleri

(Önal G,1993)

(Milyar TET)

	1990	EED(2020)	REC(2020)	ED(2020)
OECD Ülkeleri	5.9	7.0	6.6	5.1
BDT-Doğu Avrupa	2.4	2.9	2.6	2.1
Gelişmekte Olan Ülkeler	4.1	14.7	9.9	8.7
Dünya Toplamı	12.5	24.7	19.1	16.0

Ancak, kömür fiyatında meydana gelecek gelişmelerin kömür madenciliğini bugünkü durumundan daha cazip hale getirmesi de yakın gelecek için beklenmemelidir.

Bu konuda iki ana unsur kömür kullanımını zorlaştırmakta ve kömür fiyatının gerçek değerine ulaşmasını önlemektedir.

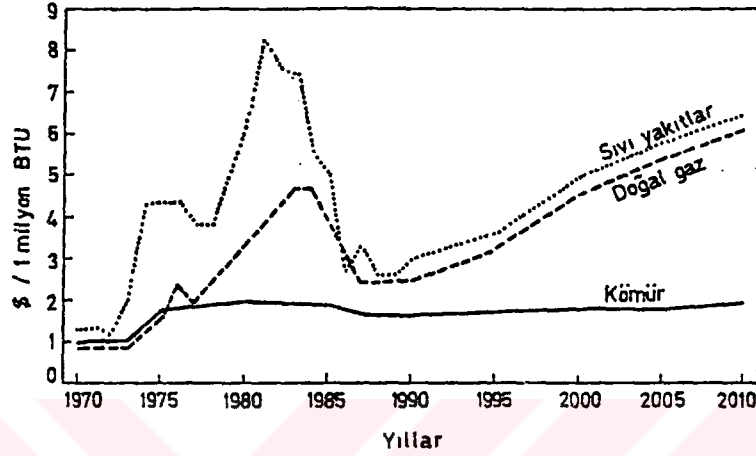
-Kömür yanma esnasında çevreyi en fazla kirleten fosil enerji türüdür ve buna karşı alınan önlem kömür kullanımını pahalılaştırmakta ve dolayısıyla diğer fosil enerji kaynaklarıyla rekabet gücünü düşürmektedir.

- Kömür bir katı yakıt türüdür. Katı yakıtların taşınması, yakılması, külünün atılması gibi işlemleri özellikle küçük yakma sistemleri için tam mekanize etmek çok zor veya en azından çok pahalıdır. Bu durum ise, kömür kullanımını cazip olmaktan çıkarmaktadır.

Bu hususlardan birincisi, kömür kullanımı konusunda, dünyanın bir nolu sorunu olarak gündemdedir. Halen, bir çok termik santralde kükürt dioksit, azotoksit ve toz tutma üniteleri kurulmuş durumdadır ve bu ünitelerin ilk yatırım maliyetleri termik santral maliyetinin %20'sini bulurken, işletimleri de elektrik maliyetini arttırmaktadır. Ayrıca baca gazı temizlenmesi sonucu, önemli miktarda atık madde (jips) ortaya çıkmaktadır. Bazı termik santraller atık maddeyi değerlendirme olanağı bulsalarda bir çok termik santraller atık madde depolanması sorunu ile karşı karşıya kalmaktadır.

Kömürün, küçük yakma sistemlerinde tam mekanize olarak yakılamaması, elbette olanakları iyi olan kişi veya kuruluşları gaz veya sıvı yakıt kullanımına yöneltmektedir. Ancak, özellikle gelişmekte olan ülkelerde yakıt türü, konforuna göre değil, fiyatına göre seçilmektedir. Bu yönü ile ısınma sektöründe kömür kullanımının artması beklense bile, burada da yine hava kirliliği, bazı kömürlerin karşısına çıkmaktadır. Artık büyük yerleşim merkezlerinde, hava kirliliğini önlemek için, kükürdü az ve düşük uçucu maddeli kömürlerin yakılmasına izin verilmektedir. Dünya kömür rezervinin ise, çok az kısmı düşük kükürtlü ve düşük uçucu maddelidir. Yukarıda belirtilen hususlara, petrol ve doğalgaz gibi diğer fosil enerji kaynaklarının, gelecek 10-20 yıl içinde de dünya enerji sektöründeki yerlerini koruma eğilimi ilave edilince, günümüze kadar stabil bir fiyat izleyen kömürün görünür gelecekte de dengeli bir fiyat izleyeceği ve fosil enerji kaynakları içinde en ucuz ve en emin kaynak olmaya devam edeceği ortaya çıkmaktadır. Şekil 3.1'de ABD'de 1 milyon BTU'nun sıvı yakıt, doğalgaz ve kömür bazında fiyatları (Elektrik üretim sektöründe 1989 dolar değerinde)

verilmiştir. Bu şekilden, doğalgaz ve sıvı yakıtların fiyatlarında büyük dalgalanmaların olduğu, buna karşılık kömür fiyatlarındaki değişikliklerin fazla olmadığı yani stabil olduğu görülmektedir.



Şekil 3.1 ABD’de 1 milyon BTU’nun sıvı yakıt, doğalgaz ve kömür bazında fiyatları (Önal G,1993)

Ancak burada unutulmaması gereken önemli bir husus, kömürün dünyanın en zengin fosil enerji kaynağı olduğudur. Diğer fosil enerji kaynakları petrol ve doğalgaz rezervleri azaldıkça, kömürün önemi daha fazla artacaktır. Bu husus, gelişmiş ülkeleri, kömürü daha verimli ve çevreyi az kirletecek şekilde kullanmaya olanak veren yeni teknolojiler aramaya itmektedir. Nitekim, ABD, İngiltere, Almanya ve diğer bazı ülkelerde, kömür konusunda yoğun araştırmalar yapılmış ve yapılmaya devam etmektedir. Bu çalışmalar sonucunda, kömür tüketiminin can damarı olan yakma ve elektrik üretim teknolojilerinde büyük gelişmeler sağlanmış ve geleceğe yönelik çok önemli gelişmeler planlanmaktadır. Bu gelişmelerin en önemlileri, akışkan yataklı yakma sistemi ile gaz+buhar kombineli termik santrallerdir. Akışkan yataklı yakma sistemi ilave tesise ihtiyaç göstermeden kükürdioksit tutma ve az azotoksit oluşturma olanağı vermektedir.

Henüz uygulama aşamasına ulaşmış gaz+buhar kombine termik santrallarda ise, kömürün önce gazlaştırılması ve empürütelerinden temizlenen gazın gaz+buhar türbini kombinasyonu ile elektrik üretiminde kullanılması öngörülmektedir. Bugünkü verilere göre, böyle bir çevrim sisteminde toplam verim % 40 civarına çıkmaktadır. Kömürden elde edilen gazın sıcak olarak temizlenmesi (% 42 verim) ve termik santral siteminde yapılacak gelişmelerle, verimin % 45 ve hatta % 50'ye ulaştırılacağı düşünülmektedir. Son kademe olarak da, gaz türbini yerine yakıt hücreleri (pilleri) kullanmak suretiyle, verimin % 60'lara ulaştırılması planlanmaktadır. (Önal G,1993)

Diğer taraftan, kömürün ısıtma ve ulaşım sektöründe kullanılması ve doğalgaz ile petrolün kömürden üretilen gaz ve sıvı yakıtlarla ikame edilmesi yönünde de yoğun çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmalara,

- Kömür empürütelerinin ve özellikle de kömür kükürdünün atılması
- Kömürden dumansız yakıt üretimi veya her türlü kömürü dumansız yakan küçük yakma sistemleri geliştirilmesi
- Kömürden gaz ve sıvı yakıtlar üretilmesi gibi konulara ayırmak mümkündür.

Birinci ve ikinci sırada sayılan hususlar daha ziyade günümüz ve yakın gelecek için önemlidir. Bu konularda belirli iyileştirmeler sağlayan teknolojiler geliştirilmiş olmakla birlikte, diğer enerji türlerinin rekabeti bu teknolojilerin uygulanmasını engellemektedir.

Gelecek için, kömür kullanımında yeni olanak sağlayacak teknolojiler gazlaştırma ve sıvılaştırma teknolojileri olacaktır. Günümüzde, kömürden elde edilen petrol eşdeğer yakıt maliyeti, mevcut petrol fiyatları ile rekabet edememektedir. Ancak, 2000'li yıllarda, petrol ve doğalgaz fiyatları arttığında, kömürün bu türlü kullanımı da söz konusu olacaktır.

4. HAVA KİRLİLİĞİ VE KÖMÜR GERÇEĞİ

4.1. Hava Kirliliğinin Tarihçesi ve Dünyada Önemli Hava Kirliliği Olayları

Çevre sorunları, dünyamızın geleceğini ciddi bir şekilde tehdit etmektedir. Endüstri devrimini takibeden yıllarda ilk kez belirginleşen bu sorunlar artan nüfus ve ekonomik gelişmeye paralel olarak bugün ulaşılan duruma yol açmıştır. Sanayileşme ve enerji kullanımı ise 18. yüzyılın ikinci yarısında İngiltere’de başlamış olan ve 19. yüzyılda Doğu’ya doğru yayılan endüstri devrimi ile ortaya çıkmış, 20. yüzyılın ikinci yarısından itibaren de hızla artma sürecine girmiştir. Bunun sonucu olarak da 1880’li yıllarda Kuzeybatı Avrupa’da ekonomik ve teknolojik ilerlemeler ortaya çıkarken Doğu Avrupa’da ekonomi halen basit ziraate bağımlı kalmıştır. Bu duruma bağlantılı olarak 19. yüzyıl içerisinde ve 20. yüzyıl başlarında teknoloji ve ekonominin tamamen kömüre bağımlı olduğu görülmüştür. Burada bitümlü kömür, ısınma amaçlarından ayrı olarak buharlı makinalarda, demir-çelik endüstrisinde, demiryolu taşımacılığında, buharlı gemilerde ve termik enerji santrallerinde tüketilmiştir. Diğer taraftan düşük kalorili ve yüksek su buharı içeren bu kömürler 19. yüzyılın sonuna kadar kullanılmıştır.

4.2. Hava Kirliliğinin Tanımı

Hava kirliliği çeşitli şekillerde tanımlanabilmektedir. Bu tanımlardan en çok kullanılanı; atmosferde, kirleticilerden birinin veya daha fazlasının canlıların sağlığına zarar verecek miktar ve sürede bir arada bulunmasıdır. Buna göre hava kirliliği olayının ortaya çıkması için kirleticilerin miktarı ve süresi önemli olmaktadır.

Bu tanıma uygun olarak hava kirliliğinin insanoğlunun ateşi bulmasıyla başladığını söylemek yanlış bir tesbit olmaz. Çünkü, ateşin bulunuşu ısıtma ve ısınma şeklinin başlangıcını oluşturmuştur. Atmosferin bileşimindeki değişikliklerin 20.

yüzyılın başlarında olduğu bilinmektedir. Özellikle 1940'lı yıllardan sonra dünyada endüstri ve teknolojide başlayan ilerlemeler, kirlenme olaylarını beraberinde getirmiştir.

1940'lı yıllarda 2.5 milyar civarında olan dünya nüfusu bugün 6 milyara yaklaşmıştır. 50 yılı aşan bu süre içerisinde dünya nüfusunun yaklaşık iki kat artmasına karşılık enerji kullanımındaki artış dört kat civarında olmuştur. Bu çarpıcı durum, enerji tüketimi ile çevre kirliliği arasındaki bağımlılığı açıklamaktadır.

Yerküre ve üzerindeki atmosfer, iki milyar yıldan bu yana çeşitli değişiklikler geçirmiştir. Bunlar içerisinde en önemli olanı atmosferin bileşiminde meydana gelen değişikliklerdir. Jeolojik çağlarda yanardağ patlamaları ile başlayan doğal kirlenme daha sonra insan aktiviteleri ile büyük boyutlara ulaşmıştır. Fosil yakıtların yanması ile ortaya çıkan CO₂ miktarı sürekli bir artış göstermektedir. 1980'li yıllarda atmosferdeki CO₂ konsantrasyonları 275 ppm'e ancak ulaşırken, bugün 360 ppm'i aşmıştır. Dünya ikliminin değişiminde en önemli parametre olarak kabul edilen CO₂ konsantrasyonunun fosil yakıt kullanımının sabit kalması halinde 2050'li yıllarda 400 ppm'e ulaşacağı tahmin edilmektedir. (Arıoğlu E, 1995)

19. yüzyılda teknolojik alanda önemli adımlar atıldığı İngiltere'de kömür kullanımının M.Ö. 1500 yılında olduğu görülmektedir. Bu ülkede 13. yüzyılın sonuna kadar, endüstri ve iç ısıtmada başlıca yakıt odun olmuştur. Kömür yakılması sonucunda duman kirliliğine ait ilk kayıtların 1257 yılında yapıldığı görülmüştür. 1273 yılında Londra'da kömür yakılmasını yasaklamak amacıyla ilk yasal adımlar atılmış ve 1301 yılı kışında Londra'da aşırı duman ve kokuya sebep olduğu gerekçesiyle ısınma amacıyla kömür kullanılması yasaklanmıştır.

Ciddi sağlık etkilerine yol açan hava kirliliği olayları incelendiğinde bunların çoğunlukla ısınma mevsiminde antisiklonik basınç sistemlerinin hakim olduğu atmosferik şartlar altında ortaya çıktığı görülür. Bu koşullar altında ısınma ve endüstriyel aktivitelerle yoğun bir şekilde üretilen emisyonlar çevrede çok yüksek seviyede konsantrasyonların meydana gelmesine yol açmıştır.

Hava kirliliğinin tanımına giren hava kirleticiler gaz, toz, partikül, radyoaktif ya da zararlı kimyasal maddeler, smog (sis + duman) gibi dış atmosferdeki diğer maddelerdir. Bu kirleticiler buldukları fazın yanısıra aynı fazda dahi birbirine yakın

özellikler göstermektedir. Bundan dolayı bu tür hava kirleticilerin (partikül, toz, fume, uçucu kül) ayrı ayrı tanımlanmasında yarar vardır. Atmosferde veya gaz ortamda katı veya sıvı olarak bulunan birleşmemiş su dışında ki maddeler partikül olarak adlandırılır. Toz ise genellikle büyük kütlelerden fiziksel kuvvetler sonucunda ortaya çıkan, hava ya da diğer gazlarda geçici süspansiyon kabiliyeti olan katı partiküldür. Fume, bu tanımlara yakın olarak, gaz durumundan yoğunlaşma, süblimasyon ya da kimyasal reaksiyon sonucunda meydana gelen 1µm'den küçük partiküllerin oluşturduğu katı parçacıklar olarak tanımlanır. Yoğunlaşmış metal oksitleri fume için en iyi örneği oluşturur. Uçucu kül ise yakıt yanması sonucunda çıkan baca gazlarında bulunan çok ince kül parçacıklarıdır. Verilen bu tanımların ışığı altında temiz ve kuru havanın bileşimine baktığımızda kirleticiler olarak bildiğimiz CO₂, NO₂, CO ve NH₃ gibi bileşenlerin çok küçük değerlerde bulunduğunu görürüz. Tablo 4.1'de bileşenlerin yüzde değerleri gösterilmiştir.

Tablo 4.1 Temiz ve kuru havanın doğal kompozisyonu

Bileşen	Hacim (%)
Azot	78.09
Oksijen	20.94
Argon	0.93
Karbondiyoksit	0.0318
Neon	0.0018
Helyum	0.00052
Metan	0.00015
Kripton	0.0001
Hidrojen	0.00005
Azot monoksit	0.000025
Karbon monoksit	0.00001
Ksenon	0.000008
Ozon	0.000002
Amonyak	0.000001
Azot dioksit	0.0000001

Tablo 4.1'den görüldüğü gibi azot, hacim olarak atmosferde % 78.09 ile en yüksek değere sahiptir. Oksijen ise atmosferde ikinci en büyük oranda bulunan gazdır. Oksijen hacimce atmosferde % 20.94'lük ve ağırlıkça da % 23.21'lik bir paya sahiptir. Geriye kalan gazlar atmosferde % 1'den daha az olarak bulunur. Bunlar içerisinde argon, atmosferde bulunan üçüncü gazdır. Helyum, neon, kripton ve ksenon gazları argon gibi ataletli gazlardan olup ksenon asal gazlar içerisinde en kolay bileşik veren gazdır. Ozon ise sıvı halde mavi - lacivert, katı halde mor - siyah ve gaz halde iken mavi renktedir. Gaz halinde mavi oluşu atmosferin rengini oluşturmasındandır. Kararsız bir bileşik olan O_2 'ye dönüşür. CO ise renksiz, kokusuz, zehirli bir gazdır. Atmosfere karışan CO_2 'nin geri dönmesine karşılık CO hiçbir şekilde geri dönmez. Su buharı miktarı da coğrafik durumu, su yüzeylerine yakınlığına bağlı olarak çok değişkenlik gösterir. Temiz havaya ait bu minör bileşenler kirli havada yüksek değerlere ulaşmaktadır.

4.3. Hava Kirliliğinin Etkileri ve Standartlar

4.3.1. Hava Kirliliğinin Canlılar Üzerindeki Etkisi

Hava kirliliği esas olarak canlıların yaşamına, ekosisteme, malzemeler üzerine etki yapmakta ve iklim değişikliğine sebep olmaktadır. Bu kirleticiler içerisinde kükürt ve azot oksitler ile partiküller etkileri bakımından önde gelmektedir. Örneğin kükürt dioksit ve partiküller yıllık olarak $80 - 100 \mu g / m^3$ 'ün üzerine çıktığında 50 yaşın üzerinde bulunan insanlarda meydana gelen ölüm oranlarında artışlar ortaya çıkmaktadır. $130 \mu g / m^3$ 'e ulaştıklarında ise ilkokul çağındaki çocuklarda solunum rahatsızlıkları, SO_2 'nin $105 - 265 \mu g / m^3$; partiküler maddenin de $185 \mu g / m^3$ 'e ulaşması halinde solunum ve akciğer rahatsızlıkları; SO_2 'nin 24 saatlik ortalamalarına göre de $260 \mu g / m^3$ değere ulaşması halinde yaşlılarda şiddetli bronşitlerin artışı, $300 - 500 \mu g / m^3$ seviyelerde ise solunum rahatsızlıkları nedeniyle hastane başvurularında artışlar, 24 saat içerisinde SO_2 'nin $574 \mu g / m^3$ ve partiküllerin de $630 \mu g / m^3$ ' e ulaşması halinde şiddetli bronşit olayları ortaya çıkmaktadır. (Arnoğlu E, 1995)

4.3.2. İklim Üzerindeki Etkisi

Hava kirliliği iklim üzerinde çeşitli etkilere yol açmaktadır. Örneğin kirlenmiş bir şehir atmosferinin çevresinde yer alan kırsal bölgelere göre % 10 - 20 daha az güneş radyasyonu aldığı bilinmektedir. Sis olayının, şehirlerde çevresindeki kırsal bölgelere göre kışın % 100, yazın ise % 30 daha sık bir şekilde meydana gelmektedir. Diğer bir deyişle şehirleşme, endüstriyel aktiviteler lokal iklim parametreleri üzerinde etkili olmaktadır. Buna paralel şehirler çevrelerindeki kırsal bölgelere nazaran atmosfere daha fazla ısı terkederler. Bu durum lokal ölçekte şehirlerin sıcaklığını çevresine göre arttırırlar. 1800'lü yıllardan bu yana dünya üzerinde yapılan gözlemler atmosferdeki karbondioksit gazının miktarında doğrusal bir artışın süre geldiğini göstermiştir. Yıllık ortalama değerleri göz önüne alındığında CO₂'nin 2050 yılında 400 ppm'i aşacağı tahmin edilmektedir. Atmosferin bileşiminde bulunan CO₂'nin % 50'den fazlası kömür ve katı yakıtların, % 30 kadarı petrolün, % 10 kadarı da doğalgazın yanmasından oluşmaktadır. Geri kalan kısmı ise orman yangınları vb. yanma olaylarına aittir. Sonuç olarak enerji üretiminde kullanılan yakıt tipinin önemli değişiklikler olmadığı sürece atmosferin giderek ısınması kaçınılmaz olacaktır. Bunun sonucunda strotosfer tabakasının altında kalan troposfer (yerden 8-16 km yükseklikte) içerisindeki düşey sıcaklık profilinde de değişiklik meydana gelmektedir. Ayrıca atmosferde toz ve su buharının artması da sıcaklığı azaltan bir etkidir. Atmosferin aşırı miktarda toz kapasitesi ile yüklenmesinin yer sıcaklığında 0.4 °C azalmaya yol açacağı tahmin edilmektedir.

4.3.3. Hava Kirliliği Standartları

Hava kirliliği standartları iki ana başlık altında değerlendirilir. Bunlar,

- 1) Emisyon standartları,
- 2) Hava kalitesi standartları olmak üzerinedir.

Emisyon standartları, bir kaynaktan bırakılan kirleticilerin izin verilebilir miktarlarıdır. Hava kalitesi standartları ise atmosferde kirliliğin kabul edilebilir konsantrasyonlarını gösterir.

Emisyon standartları doğrudan kaynak ile ilgili olup emisyonun hızı ile de ifade edilmektedir. Emisyon standartları bir kaynaktan çıkan kirleticilerin izin verilebilir miktarlarıdır. Hava kalitesi kontrolünde büyük önem taşıyan bu standartlar, kirletici kaynakların izin verilen kirletici deşarjlarını kaynak yapısına bağılı olarak zaman ve üretim bazında belirlenmektedir. Bunun yanısıra emisyon standartları her kirleticinin yayılabileceğı miktarları ve böylece çevre standartlarına ulaşabilme koşullarını da sağlamaktadır.

Havadaki kirletici konsantrasyonlar ile bunların olumsuz etkileri arasındaki ilişkileri analiz etmek suretiyle hava kalitesi standartlarına ulaşılır. Hava kalitesi standartları aynı zamanda ülkelerin gelişmişlik derecesini de gösterdiğinden ülkeden ülkeye değışir. Çeşitli hava kirleticileri için düzenlenen standartlar çoğunlukla CO, NO₂, SO₂, HC, APM (asılı partiküller madde, 100 µm dan küçük çaplı), O₃ ve kurşunu hedef almaktadır. ABD’de bu standartlar Temiz Hava Yasasına göre düzenlenmektedir. Doğal olarak bu çalışmalar zaman içerisinde değışime uğramaktadır. Örneğın, çok eski standartlarda oksitleyiciler genel bir ifade ile geçilmelerine rağmen şimdi ozon standardı yer almaktadır.

Hava kalitesi standardının oluşturulmasında birinci adım hava kalitesi kriterlerinin hazırlanmasıdır. Hava kalitesi kriterleri muhtemel etkileri açıklar. Standartların düzenlenmesinde en önemli adım ise hava kalitesi kriterlerinden hava kalitesi için amaçların geliştirilmesidir. Şehir alanları için hava kalitesinden beklenen amaç şehirlerden uzak bölgelerdeki hava kalitesinin şehir alanlarında bulunmasıdır. Avrupa’da büyük şehir merkezlerinde SO₂’nin yıllık ortalama seviyeleri 100 -200 µg/m³ arasında değışirken şehirden uzak bölgelerde ise 5 - 25 µg/m³ arasında bulunmaktadır. APM - 10 (10 µm küçük çaplı asılı partiküler madde) nin yıllık değışerleri ise kırsal alanlarda 0 - 10 µg / m³ arasında, büyük şehirlerde ise ortalama olarak 10 - 40 µg / m³ arasında değışmektedir.

Hava kalitesi standartları hava kalitesi standardına dayanmanın yanısıra aynı zamanda ekonomik, sosyal, teknik ve politik zeminlere de bağımlıdır. Dünya Sağlık Organizasyonu’nun tavsiye mahiyetinde önerdiği kriterler Tablo 4.2’de gösterilmiştir.

Hava kalitesi standartları; birbirinden farklı ülkelerde maruz kalma koşullarına, sosyo ekonomik duruma ve diğer ilişkili problemlerin önemine bağlı olarak farklı şekilde geliştirilebilir.

Tablo 4.2 Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından kükürt dioksit ve partiküler maddeye maruz kalınması durumunda tavsiye edilen değerler (Arıoğlu E, 1995)

Kirlenici	Ortalama Zaman		
	24 Saat	1 Saat	1 Yıl
SO ₂ (µg / m ³)	125		50
APM (µg / m ³)	120		50
CO (mg / m ³)		30	
O ₃ (µg / m ³)		150 - 200	
Pb (µg / m ³)			0.5 - 1
NO ₂ (µg / m ³)	150	400	

Ülkemizde halen yürürlükte bulunan standartlar ise Dünya Sağlık Örgütü'nün tavsiye ettiği limitlerden son derece uzaktır. Türkiye'de bazı kirleniciler için hava kalitesi sınır değerleri Tablo 4.3'te gösterilmiştir. Ayrıca ülkemizde uygulanan standartlar ABD Çevre Koruma Ajansı (EPA) ve Batı Avrupa Ülkeleri'nin kabul ettiği standartlardan da oldukça uzaktır. Tablo 4.4'de de ABD'deki çevre hava kalitesi standartları verilmiştir. Ülkemizde 24 saatlik SO₂ standardı 400 µg / m³ , APM standardı ise 300 µg / m³'tür. ABD'de ise 1990 yılından bu yana 6 kirlenici için uygulanan yeni standartlara göre SO₂; 365 µg / m³ ve APM ise 150 µg / m³ şeklindedir.

Tablo 4.3 Türkiye’de bazı kirleticiler için hava kalitesi sınır değerleri (Arıoğlu E, 1995)

Kirletici	Kısa vadeli sınır değerler	Uzun vadeli sınır değerler
	24 saat	1 yıl
SO ₂ (µg / m ³)	400	150
APM - 10 (µg / m ³)	300	150
CO (µg / m ³)	30000	10000
O ₃ (µg / m ³)	240	-
Pb (µg / m ³)	-	2
NO ₂ (µg / m ³)	300	100

Tablo 4.4 ABD’de çevre hava kalitesi standartları (Arıoğlu E, 1995)

Kirletici	Ortalama Zaman				
	1 yıl	3 ay	24 saat	8 saat	1 saat
SO ₂ (µg / m ³)	80	-	365	-	-
APM -10 (µg / m ³)	50	-	150	-	-
CO (µg / m ³)	-	-	-	10	40
NO ₂ (µg / m ³)	-	100	-	-	-
O ₃ (µg / m ³)	-	-	-	-	235
Pb (µg / m ³)	-	1.5	-	-	-

Gözönünden kaçırılmaması gereken önemli bir nokta da Tablo 4.3’te yer alan standartların bir takvim yılı içerisinde birden fazla aşılması koşuludur. Benzer durum çeşitli Avrupa ülkelerinde kabul edilen standartlarda da görülmektedir. Örneğin SO₂’nin 24 saatlik standartı Fransa’da 250 µg/m³, Hollanda’da 150 µg / m³ ve İtalya’da ise 380 µg / m³ şeklinde ve yılda en fazla bir kez aşılmak şartıyla uygulanmaktadır. Oysa ülkemizde, başta büyük şehirlerimiz olmak üzere birçok yerleşim ve endüstri bölgesinde özellikle ısınma mevsimi boyunca standartların aşılması olağan hale gelmiştir. Sonuç olarak ülkemizde uygulanan bu standartların belirlenmesinde kriter ve amaç adımların

yeniden gözden geçirilmesine gerek vardır. Zira kalitesiz yakıtların sebebiyet verdiği kontrolsüz emisyonlar bugün başta büyük şehirlerimiz olmak üzere birçok yerleşim bölgesini tehdit etmektedir.

Türkiye’de elektrik enerjisi üretiminin % 60’ının karşılandığı termik santrallerin çevreye yaymış oldukları yüksek miktardaki SO₂ , NO_x ve partikül emisyonlarının çevreye olan zararları azımsanmayacak mertebededir. Ayrıca termik santrallerimiz bakımından yıllık 616000 ton kükürt emisyon toplamı ile Avrupa’da 25 yüksek emisyonlu ülke içinde bulunmaktayız. (Arıoğlu E,1995) Burdan ortaya çıkan sonuç ise, çevre kirliliği konusunda acil önlem almamız gerektiğidir.



5. TÜRKİYE'DE KÖMÜR KULLANMA EĞİLİMİ VE KÖMÜR KULLANIMININ ÇEVRE ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Ülkemizin halen bilinen kömür rezervleri; 1.368 milyar tonu taşkömürü, 8.374 milyar tonu linyit olmak üzere, 9.742 milyar tondur. Neojen bölgelerinin çoğu aranmadığından, linyit rezervlerinin birkaç kat artması ve bu rezervin 30 milyar tona ulaşması tahmin edilmektedir. Linyit üretimimiz 1941'de 0.2 milyon ton iken, 1974'te 8.3 milyon tona ve 1992'de de 48.3 milyon tona yükselmiştir. 2010 yılında ise 110-120 milyon tona çıkacağı varsayılmaktadır. Bu durumda 2010 yılında toplam kömür rezervlerimizin yaklaşık % 20'si tüketilmiş olacaktır. Yeni yedekler bulunmadığı takdirde kömür kaynaklarımızın ömrü 50-60 yıl kadardır. (Özpeker I, 1993)

Üretilen linyitlerin % 60'ı termik santrallarda, geri kalanı da endüstride ve konutlarda kullanılmaktadır. Türk linyitlerinin ortalama kalitesi oldukça düşüktür. Bu da linyitlerimizin iyileştirildikten sonra kullanımını zorunlu kılmaktadır. Soma ve Tunçbilek'te 1950'li yıllarda kurulmuş olan toplam 4 milyon ton ham kömür kapasiteli iki linyit iyileştirme tesisi bulunmaktadır. Bu tür tesislerin sayıları, daha iyi bir kömür kalitesi için artırılmalıdır.

Tablo 5.1'de Türkiye elektrik üretiminin yıllara göre gelişimi ,Tablo 5.2'de de brüt üretimin birincil enerji kaynaklarına göre gelişimi verilmiştir. (Altaş M, 1994)

Tablo 5.1'den görüldüğü gibi, elektrik üretiminde termik santralların payı hidrolik santrallara göre daha fazladır. Fakat son zamanlara doğru termik santralların üretimdeki payı azalırken buna karşılık hidrolik santralların üretimdeki payı giderek artmaktadır. Bunun sebebi çevre bilincinin giderek artmasıdır.

Çünkü, Tablo 5.2'ye baktığımızda termik santrallarda yakılan fosil yakıtların (linyit, taşkömürü, fuel-oil, motorin, odun vs.) elektrik enerjisi üretiminde büyük paya sahip olduklarını görmekteyiz. Çevre ve insan açısından bakıldığında ise bu yakıtların önemli problemleri beraberinde getirmektedir. Fosil yakıtların yakılması sonucu termik santrallar çevreye karbondioksit (CO₂), kükürtdioksit (SO₂), azotoksitler (NO_x) ve katı parçacıklar bırakmaktadırlar.

Tablo 5.1 Türkiye elektrik üretiminin yıllara göre gelişimi (Altaş M, 1994)

Yıllar	Kurulu Güç (MW)			Enerji Üretimi (GWh)			Tüketim (Gwh)				
	Termik %	Hidr. %	Toplam	Termik %	Hidr. %	Toplam					
1970	1510	68	725	32	2235	5590	65	3033	35	8623	7308
1971	1706	66	872	34	2578	7171	73	2610	27	9781	8289
1972	1819	67	893	33	2712	8038	71.5	3204	28.5	11242	9527
1973	2207	69	985	31	3192	9822	79	2603	21	12425	10530
1974	2283	61	1449	39	3732	10121	75	3356	25	13477	11358
1975	2407	58	1780	42	4187	9719	62	3904	38	15623	13492
1976	2492	57	1873	43	4365	9908	54	8375	46	18283	16079
1977	2854	60.4	1873	39.6	4727	11992	58	8572	42	20564	17969
1978	2988	61.4	1881	38.6	4869	12391	57	9335	43	21726	18934
1979	2988	58.4	2131	41.6	5119	12233	54	10289	46	22522	19663
1980	2988	58.4	2131	41.6	5119	11927	51	11348	49	22275	20398
1981	3181	57.4	2356	42.6	5537	12057	49	12616	51	24673	22030
1982	3556	54	3082	46	6638	12385	47	14167	53	26552	23587
1983	3696	53	3239	47	6935	16004	58.5	11343	41.5	27347	24465
1984	4584	54	3875	46	8459	17187	56	13426	44	30613	27635
1985	5244	58	3875	48	9119	22174	65	12045	35	34219	29709
1986	6235	62	3878	38	10113	27822	70	11873	30	39695	32210
1987	7489	60	5003	40	12492	25735	58	18618	42	44353	36697
1988	2300	57	6218	43	14518	19099	40	28950	60	48049	39721
1989	9208	58	6597	42	15805	34104	65.5	17940	34.5	52044	43120
1990	9551	59	6764	41	16315	34395	60	23148	40	57543	46820
1991	10093	59	7114	41	17207	37563	62	22683	38	60246	49283
1992	10335	55	8379	45	18714	40774	60.5	26568	39.5	67342	53985
1993	10443	52	9682	48	20125	39857	54	33951	46	73808	59230

Tablo 5.2 Türkiye bütüt elektrik enerjisi üretiminin birinci enerji kaynaklarına göre gelişimi (Atlas M, 1994); (GWh)

Yıllar	Termik Üretim												Toplam						
	Kattı Yakıtlar				Sıvı Yakıtlar				Diğer Yakıtlar				Toplam Termik %	Toplam Hidrolik %	Toplam Brüt Üretim				
	Taşkömür %	Linyit %	Toplam %	Fuel-oil %	Motorin %	Toplam %	Dgaz-Odun %	Toplam %	Hidrolik %										
1970	1382	16	1442	17	2824	33	2336	27	264	3	2600	30	166	2	5590	65	3033	35	8623
1971	1453	15	1527	16	2980	31	3890	40	138	1	4028	41	163	1	7171	73	2610	27	9781
1972	1431	13	1489	13	2920	26	4777	42.5	165	1.5	4942	44	176	1.5	8038	71.5	3204	28.5	11242
1973	1502	12	1742	14	3244	26	5849	47	533	4	6382	51	196	2	9822	79	2603	21	12425
1974	1516	11	2355	18	3871	29	5379	40	664	5	6043	45	207	1	10121	75	3356	25	13477
1975	1427	9	2686	17	4113	26	4700	30	686	4.4	5386	34.4	220	1.6	9719	62	3904	38	15623
1976	1346	7	2982	16	4328	23	4673	26	747	4	5420	30	160	1	9908	54	8375	46	18283
1977	1266	6	3626	18	4892	24	5539	27	1344	6	6883	33	217	0.5	11992	58	8572	42	20564
1978	1207	6	4362	20	5569	26	5691	26	994	5	6685	30.5	137	0.5	12391	57	9335	43	21726
1979	1067	5	5371	24	6438	29	5118	23	532	2	5650	24.5	145	0.5	12233	54	10289	46	22522
1980	912	4	5049	22	5961	25	5222	22.4	608	2.6	5830	25	136	1	11927	51	11348	49	22275
1981	892	4	5244	21	6136	25	2196	21	615	2.5	5811	23.5	110	0.5	12057	49	12616	51	24673
1982	913	3.4	5528	21	6441	24.4	5306	20	638	2	5944	22.6	0	0	12385	47	14167	53	26552
1983	787	3	7790	28	8577	31	6348	23	1079	4	7427	27.5	0	0	16004	58.5	11343	41.5	27347
1984	706	2	9413	31	10119	33	6711	22	336	1	7047	23	21	0.1	17187	56	13426	44	30613
1985	710	2	14318	42	15028	44	7029	20.5	53	0.2	7082	20.7	64	0.3	22174	65	12045	35	34219
1986	772	2	18665	47	19437	49	6941	17.5	59	0.1	7000	17.6	1385	3.4	27822	70	11873	30	39695
1987	628	1.4	17026	38.4	17654	39.8	5418	12	78	0.2	5496	12.2	2585	6	25735	58	18618	42	44353
1988	345	0.7	12157	25.3	12502	26	3232	7	57	0.1	3289	7.1	3308	6.9	19099	40	28950	60	48049
1989	317	0.6	19953	38.3	20270	38.9	4209	8	38	0.1	4247	8.1	9587	18.5	34104	65.5	17940	34.5	52044
1990	621	1	19561	34	20182	35	3921	7	21	0	3942	7	10271	18	34395	60	23148	40	57543
1991	998	1.7	20563	34	21561	35.7	3329	5.5	2	0	3332	5.5	12670	20.8	37563	62	22683	38	60246
1992	1815	2.7	22756	34	24571	36.7	5318	8	2	0	5320	8	10813	15.8	40774	60.5	26568	39.5	67342
1993	1796	2.4	21964	30	23760	32.4	5228	7	3	0	5231	7	10786	14.6	39857	54	33951	46	73808

Tablo5.3 Termik santrallerin yakıt cinslerine göre üretim kapasiteleri (DSİ yıllığı,1995)

Kaynak	Kurulu güç (MW)	Ortalama üretim kapasitesi (GWh)	Fiili üretim (GWh)	Üretim payı (%)	Kapasite kullanımı
Taşkömürü	353	2082	1796	4.5	86
Linyit	5654	35849	21964	55.1	61
Fuel-oil	1527	8383	5171	13	62
Motorin	404	1028	60	0.15	6
Doğalgaz	2700	17546	10788	27	62
Jeotermal	15	90	78	0.2	87
Toplam	10653	64888	39857	100	61

Bu gazların kirletici etkileri şöyledir. Atmosferdeki CO₂ miktarının artmasıyla sera etkisi artmaktadır. Bunun sonucunda atmosfer ortalama sıcaklığının artacağı tahmin edilmektedir. Sıcaklığın artması sonucunda kutup buzulları eriyecek dünya ikliminde değişiklikler olacak ve özellikle orta kuşak bölgelerinde çölleşme görülecektir. SO₂ ve NO_x gazları ise sülfirik asit ve nitrikasit olarak tekrar yeryüzüne inerek bitkisel örtüyü tahrip etmektedir. Asit yağmurları çevreyi tahrip ettiği kadar insan sağlığında tehdit etmektedir. Toplam SO₂ emisyonu içinde kömürün payı % 62, petrol ve türevlerinin payı % 28 ve enerji amaçlı olmayan endüstriyel kaynakların payı %10'dur. (Yılmaz H, 1996)

Araştırmalar göstermiştir ki 1000 MWe' lik bir kömür santrali yılda çevreye yaklaşık 1500000 ton CO₂, 70000 ton SO₂, 25000 ton NO_x ve 2500 ton katı partükül bırakmaktadır. 1000 MWe'lik doğalgaz santrali ise yaklaşık 900000 ton CO₂, 15000 ton NO_x ve 400 ton katı partükül ile eser miktarda SO₂'yi çevreye atmaktadır.

Konvansiyonel enerji üretim kaynaklarının çevreye verdiği bu zararların azaltılması için değişik önlemler alınması gerekmektedir. Enerji maliyetini artırmasına rağmen çevre bilincinin artmasıyla bu önlemlerin alınması enerjinin üretilmesi kadar önem kazanmıştır. Yakma sistemlerinin geliştirilmesi, yakıttan veya baca gazlarından zararlı oluşumların uzaklaştırılması alınan önlemlerin başlıcalarıdır. İleriki bölümlerde bu konu üzerinde ayrıntılı olarak durulacaktır.

Fosil kaynakların çevreye zarar vermesi kadar önemli bir diğer problemide yakın gelecekte kaynaklarının bitecek olmasıdır. Fakat bu olumsuzluklara rağmen gelecek yıllarda fosil yakıtlar günümüzdeki önemini koruyacaktır.

Türkiye'deki fosil kaynaklı elektrik üretimine baktığımızda Tablo 5.3' den de görüldüğü üzere % 55.1' lik payla linyit ilk sırada yer almaktadır. Konunun başında da belirtildiği gibi şu anda ülkemizde üretilen linyit kömürünün % 60'ı termik santrallarda kullanılmaktadır. Tamamı kendi kaynaklarımızdan olan linyitin yüksek kükürt oranı ve kül miktarının fazla olması bir takım önlemlerin alınmasını zorunlu kılmaktadır. Fakat şu anda sadece Çayırhan Termik santralinde desülfürizasyon ünitesi bulunmaktadır. Tablo 5.4'te termik santrallarımızın kurulu güç ve yakıt cinsine göre dağılımı, Tablo 5.6'da da aday termik santrallarımızın durumu gösterilmiştir.

Tablo 5.4 Termik Santrallar (Esin J, 1994)

Santral Adı	Kurulu Güç(MWe)	Yayıt
Afşin-Elbistan	4x340	Linyit
Çatalağzı B	2x150	Taşkömürü
Çayırhan	2x150	Linyit
Kangal	2x150	Linyit
Kemerköy	3x210	Linyit
Orhaneli	1x210	Linyit
Seyitömer	4x150	Linyit
Soma A	2x22	Linyit
Soma B	6x125	Linyit
Tunçbilek A	2x32 + 1x65	Linyit
Tunçbilek B	2x150	Linyit
Yatağan	3x210	Linyit
Yeniköy	2x210	Linyit
Otoprodüktör Sant.	26.4	Taşkömürü
Otoprodüktör Sant.	23.8	Linyit

Dünya'daki 1991 yılındaki elektrik üretiminin kaynaklara göre dağılımı ve payları Tablo 5.5' de verilmiştir. Tablodan görüldüğü gibi dünyada elektrik üretiminde en büyük pay fosil yakıtlı termik santrallara aittir. İkinci sırayı hidrolik ve üçüncü sırayı nükleer santrallar almaktadır. Jeotermal santrallar ise % 0.3 gibi düşük bir paya sahiptir. (Altaş M, 1994)

Tablo 5.1'deki Türkiye elektrik enerjisi üretim paylarına bakıldığında da, dünya elektrik üretiminde olduğu gibi en büyük payın fosil yakıtlı termik santrallara ait olduğu görülmektedir.

Tablo 5.5 Dünya elektrik üretiminin kaynaklara göre dağılımı (Altaş M, 1994)

	Termik	Hidrolik	Nükleer	Jeotermal	Toplam
Üretim (TWh)	7681	2236	2078	39	12034
Pay (%)	63.8	18.6	17.2	0.3	100

Tablo 5.6 Aday Termik Santrallar (Esin J, 1994)

Santral Adı	Kurulu Güç (MW)	Toplam Güç (MW)
Elbistan A 5-6	2x340	680
Kangal 3	1x150	150
Çayırhan 3-4	2x150	300
Elbistan B 1-4	4x340	1360
Elbistan C 1-4	4x340	1360
Elbistan D 1-4	4x340	1360
Elbistan E 1-2	2x340	680
Beyşehir	1x340	340
Adana-Tufanbeyli	2x300	600
Çayırhan B	1x300	300
Beypazarı	1x300	300
Tunçbilek	3x300	900
Soma	4x300	1200
Çan-Lapseki	2x150	300
Bursa-Keles	1x150	150
Seyitömer	1x150	150
Tekirdağ-Saray	1x150	150
Linyit Toplamı		10280
Amasra	2x300	600
Çatalağzı	5x300	1500
Taşkömürü Toplamı		2100
İthal Kömür	500	500
Doğal Gaz	(2x226 + 1x230)	682
Nükleer	1000	1000

Bugün, ülkemizde işletmede bulunan termik santrallarımızın ikisi Hamidabat ve Ambarlı doğal gaz kombine çevrim santralları, diğerleri Afşin-Elbistan, Çatalağzı

Çayırhan, Kangal, Orhaneli, Seyitömer, Soma-B, Yatağan Termik Santralleri olmak üzere toplam 10 Termik Santralımızda baca gazlarındaki kirletici emisyonlar 1993 yılından itibaren sürekli, kaydedicili ölçüm cihazları ile ölçülmektedir. Doğal Gaz Kombine Çevrim Santrallerinde azot oksitler, linyite dayalı santrallerimizde ise azot oksitler, kükürtdioksit ve partikül madde ölçümleri sürekli olarak yapılmakta ve kaydedilmektedir. Ancak mâli kaynak yetersizliğinden termik santrallerimizin tüm üniteleri yerine her santralde sadece bir ünite için söz konusu ölçüm cihazlarının temini mümkün olmuştur.

Ölçüm cihazlarının temininden önce termik santrallerdeki emisyonlar Tablo 7’de verilen kömür özelliklerinden teorik olarak hesaplanmış olup, hesaplama sonucu bulunan kükürtdioksit ve partikül madde emisyon değerleri Tablo 5.8’de görülmektedir. Bu değerler ölçüm sonuçları (Tablo 5.9) ile karşılaştırıldığında, ölçüm sonuçlarının teorik hesaplama yolu ile bulunan emisyon değerlerinden farklı olduğu görülmektedir.

Bilindiği gibi Ülkemiz linyitlerinde değişen oranda CaCO_3 bulunmaktadır. Tablo 5.10’da görülen kül analizlerindeki CaO değerleri, özellikle bazı linyitlerin CaCO_3 içeriklerinin yüksek olduğunu göstermektedir. Yine linyitlerimizin bilinen bir diğer özelliği de kül ergime sıcaklığının düşük olmasıdır. Bu nedenle, termik santrallerde yanma odası sıcaklığı 1000°C civarında tutulmakta, kül ergime sıcaklıklarının üzerinde çalışmamaktadır.

Bu sıcaklıktaki yanma odasında, CaO kükürt oksitlerinin bir kısmı ile birleşerek kül de tutmakta, bu nedenle baca gazlarındaki kükürt oksitleri konsantrasyonları teorik hesaplama yoluyla bulunan değerlere ulaşmamaktadır.

Yapılan bir çalışmada ABD’de EPA tarafından deneyler sonucu saptanmış bulunan emisyon faktörleri ve Ülkemiz linyitlerinin özellikleri kullanarak termik santrallerimizden kaynaklanan emisyon hesaplamalarına gidilmiş ve sonuçta bulunan baca gazlarındaki kirletici konsantrasyonları Tablo 5.11’de gösterilmiştir. Bu yolla yapılan hesaplamalar sonucunda, EPA tarafından deneysel olarak saptanmış olan emisyon faktörlerinin tamamen ABD’de ki kömürlere dayanılarak bulunan ampirik değerler olması nedeni ile ülkemiz linyitlerine uygulanması sonucu gerçek ölçüm sonuçlarından daha yüksek emisyon değerlerine ulaşmıştır. (Esin J, 1994)

Tablo 5.7 Original Bazda Linyit Özellikleri (Esin J, 1994)

SANTRAL	AID (Kcal/Kg)	NEM (%)	KÜL (%)	SABİT KARBON(%)	UÇUCU MADDE(%)	TOPLAM KÜKÜRT(%)	YAKIT SARIYATI(€/h)
Yatağan	2100±200	36±3	20,5±3	18.5	min.25	2.70	3x230
Soma-B	2200	21	32	11-34	16-35	1.5	4x166
5-6 Ünite	1550±%10	20.84±%10	40.5±%10	-	-	-	2x272.5
Çayırhan	2800	27.5	29.91	21	22	4.65	2x127.3
Kangal	1300	45-41	21-22	17-19.8	17-25	1.5-2.3	2x277
Çatalağzı	3300	18	36.9-41	27.5	17.6	0.5-2	2x123
Tunçbilek	2000	22-24	42.4	15-20	15.25	-	2x175
Seyitömer	1400-2000	30-40	30-50	-	10-22	1.5-2	4x266
Orhaneli	2560	32-36	23.8	22.8	21.4	1.9	1x200
Af.-Elbistan	1050	57.7	15.3	27	-	1.4	4x800
Yeniköy	1750±200	33±3	29.3	-	min.24	2.72-5.96	2x280
Kemerköy	1660	30	33.8	-	-	2.0-2.8	3x300

Tablo 5.9 Emisyon Ölçüm Sonuçları (Esin J, 1994)

SANTRAL ADI	SO ₂ (mg/Nm ³)			NO _x (mg/Nm ³)			TOZ (mg/Nm ³)		
	Min	Max	Ort.	Min	Max	Ort.	Min	Max	Ort.
Yatağan T.S.	3178	6475	4872	253	801	530	52	1508	197
Afşin-Elbistan T.S.	4350	9450	6915	225	621	425	298	554	361
Seyitömer T.S.	2030	4823	3297	153	425	256	256	1099	589
Soma-B T.S.	812	5233	2225	300	815	590	63	730	157
Orhaneli T.S.	5769	8948	7001	344	811	662	89	142	135
Çatalağzı T.S.	582	1160	819	298	616	504	238	1634	678
Kangal T.S.	9884	11693	11636	199	465	329	1265	2273	1019
Çayırhan T.S. *	58	655	118	-	-	-	-	-	-

* SO₂ ölçüm değerleri desülfürizasyon tesisi çıkışında ölçülen değerlerdir. Çayırhan Termik Santralında sürekli ölçüm yapan NO_x ve toz ölçüm cihazları bulunmamaktadır.

Tablo 5.10 Termik santrallerde kullanılan linyitlere ait uçucu kül analizleri (Esin J, 1994)

Küllerin Kimyasal Analizleri	Yatağan 3x210 MW	Soma-B 4x165 MW	Çayırhan 2x150 MW	Orhaneli 1x210 MW	Yeniköy 2x210 MW	Afşin-Elbistan A 4x340	Kangal 2x150 MW	Çatalağzı 1x150 MW	Seyitömer 4 1x150 MW	Kemerköy 2x210 MW
SiO ₂ %	28-48	48.2	47.5	52	13-25	7-56	23-30	54.4	30-60	13-25
Al ₂ O ₃ %	10-28	27.7	15.9	26	3-22	2.2	12	28.5	7.3-29	3-22
TiO ₂ %	-	-	15.9	0.6	-	-	-	-	-	-
Fe ₂ O ₃ %	4-9	7.2	16.3	12	3-13	1.4-23.9	4.7-7	5.1	3.7-29.8	3-13
CaO %	5-23	10.5	6.6	6	21-60	6.2-78.2	35	3.5	3.1-16.7	21-60
MgO %	2.5	2.5	4.6	1.6	2	0-3.9	6	1	1.8-7.4	2
Na ₂ O %	0.6	-	3.7	3	1	0-2.5	0.8	0.27	0.4-0.9	1
K ₂ O %	1.5	-	3.7	1.5	1	-	0.8	2.4	0.4-1.8	1
SO ₃ %	5-26	3.2	-	-	13-31.5	9.8-22.4	18.5	2.1	0.1-10.5	13-31.5

Tablo 5.8 Termik Santralların baca gazındaki teorik olarak hesaplanmış kül ve kükürt dioksit konsantrasyonu (Esin J, 1994)

SANTRAL ADI	Toz Konsantrasyonu (mg/Nm ³)	Kükürtdioksit Konsantrasyonu(mg/Nm ³)
Afşin-Elbistan	635	13433
Çatalağzı-B	200	6324
Çayırhan	<200	17580*
Kangal	960	11200
Orhaneli	<200	4811
Seyitömer 1-2-3	1830	6089
Seyitömer 4	2100	6973
Soma B	1267	7187
Tunçbilek B	1690	5804
Kemerköy	588	7024
Yatağan	608	12513
Yeniköy	588	17050
Anbarlı (Fuel-Oil)	-	4446
Hamitabat (Doğalgaz)	Anbarlı -	6.8

* Mevcut Baca Gazı Desülfürizasyon (BGD) tesisi girişindeki değerdir. BGD tesisinde teorik olarak % 95 verimle temizlenmesinden sonra BGD çıkışında 879 mg/Nm³ olması hedeflenmiştir.

Tablo 5.11 Termik santralların baca gazlarındaki EPA/ABD emisyon faktörleri kullanılarak hesaplanan kirletici konsantrasyonları (mg/Nm³)

SANTRAL	TOZ	SO ₂	NO _x
YATAĞAN	81	8614	1276
AFŞİN-ELBİSTAN	226	9988	2854
YENİKÖY	132	14735	1473
SEYİTÖMER 1-2-3	474	6550	1310
SEYİTÖMER 4	762	9215	1843
SOMA A	599	8383	4723
SOMA B	394	7053	1881
TUNÇBİLEK 1-2	213	3125	625
TUNÇBİLEK 3	250	4845	969
TUNÇBİLEK 4-5	711	4749	1624
ÇAYIRHAN	79	1477	1271
KANGAL	410	9025	1805
ORHANELİ	34	6531	1375

6. TÜRK LİNYİTLERİNİN ÖZELLİKLERİ VE TÜRKİYE'DE LİNYİT ÜRETİMİNİN BUGÜNKÜ DURUMU

Türkiye, yaklaşık 8.374 milyar ton linyit rezervi ile Avrupa Ülkeleri arasında (SSCB hariç) beşinci sıradadır.

Ülkemizde, düşük değerli, yani rutubet ve kül içeriği yüksek ve ısıl değeri düşük linyitlerden, yüksek değerli linyitlere kadar çok çeşitli linyit kömürü bulunmaktadır. Ancak düşük değerli linyitlerin toplam rezerv içindeki payı oldukça fazladır. Tarafımdan oluşturulan Tablo 6.1'de Türkiye'nin 1993 yılındaki linyit kimliği verilmiştir.

Tablo 6.1 Türkiye'nin Linyit Kimliği

Rezerv	8.374 milyar ton
Görünür rezerv yüzdesi	% 87.6
Ortalama alt ısıl değer	1810 kcal/kg
Ortalama rutubet	% 41
Ortalama kül	% 22
Ortalama kükürt	% 1.8
İlk linyit üretimi	1915, Değirmisaz
1993 yılı toplam linyit üretimi	45.286 milyon ton
Ortalama yıllık üretim artışı (1980 - 1993)	% 10.4
Açık işletmelerden sağlanan üretim yüzdesi	% 90
Kullanım oranı = Üretim / rezerv (1993)	% 0.54
Sektörel kullanım payları (1993)	Elektrik % 70
	Isınma + Sanayi % 30
Linyite dayalı santralların toplam gücü (1993)	5450 MW
1993 yılı toplam linyit tüketimi	47.340 milyon ton
Termik santrallarda tüketilen miktar (1993)	31.679 milyon ton

6.1. Türk Linyitlerinin Kül İçerikleri

Özel ve kamu sektörünün ürettiği tüvenan linyit kömürlerinin içerdikleri kül oranları % 10.31 ile % 54.00 arasında değişmektedir. Belirli aralıklar gözönüne alındığında linyitlerimizin kül içerikleri açısından değerlendirilmesi Tablo 6.2'de verilmiştir.

Tablo 6.2 Türk Linyitlerinin Kül İçerikleri (ODTÜ Maden Mühendisliği Bölümü, 1994)

Kül Aralığı (%)	Rezervdeki Pay (%)
Kül içeriği % 10 - 15 arasında olanlar	1.54
Kül içeriği % 15 - 20 arasında olanlar	2.19
Kül içeriği % 20 - 25 arasında olanlar	52.37
Kül içeriği % 25 - 30 arasında olanlar	19.03
Kül içeriği % 30'dan fazla olanlar	24.87

Görüldüğü gibi, % 20'den az kül içeren linyitlerimiz, toplam rezervin ancak % 3.73'ünü kapsamaktadır. Diğer bir deyişle, linyitlerimizin % 96'sı yüksek kül içermektedir.

6.2. Türk Linyitlerinin Kükürt İçerikleri

Yurdumuzdaki tüvenan linyit kömürlerinin toplam kükürt içerikleri % 0.44 ile % 9.30 arasında değişmektedir. Toplam kükürt içeriklerine göre linyit rezervlerimizin sınıflandırılması Tablo 6.3'te gösterilmiştir.

Tablo 6.3 Türk Linyitlerinin Toplam Kükürt İçerikleri (ODTÜ Maden Mühendisliği Bölümü, 1994)

Toplam Kükürt Aralığı (%)	Rezervdeki Pay (%)
Toplam kükürt içeriği % 0 - 1 arasındakiler	3.70
Toplam kükürt içeriği % 1 - 2 arasındakiler	68.29
Toplam kükürt içeriği % 2 - 3 arasındakiler	14.11
Toplam kükürt içeriği % 3 - 4 arasındakiler	5.86
Toplam kükürt içeriği % 4'den fazla olanlar	8.04

Yukarıda görüldüğü gibi, toplam rezervimizin sadece % 3.70'i %1'den az toplam kükürt içermektedir. Rezervimizin % 28'inde ise % 2'den fazla kükürt bulunmaktadır. A.B.D.'de kabul edilebilir toplam kükürt oranının % 0.8 olduğu dikkate alınır ise linyitlerimizin % 97'si yüksek kükürtlü kömürler sınıfına girmektedir.

6.3. Türk Linyitlerinin Nem İçerikleri

Tüvenan linyit kömürlerimizin içerdikleri nem oranları % 9 ile % 53.42 arasında değişmektedir. Rezervlerimizin nem içeriklerine göre sınıflandırılması Tablo 6.4'te verilmiştir.

Tablo 6.4 Türk Linyitlerinin Nem İçerikleri (ODTÜ Maden Mühendisliği Bölümü, 1994)

Nem Aralığı (%)	Rezervdeki Pay (%)
Nem içeriği % 0 - 10 arasındakiler	0.89
Nem içeriği % 10 - 20 arasındakiler	14.25
Nem içeriği % 20 - 30 arasındakiler	14.21
Nem içeriği % 30 - 40 arasındakiler	13.21
Nem içeriği % 40' dan fazla olanlar	57.44

Linyitleri sert ve yumuşak olarak iki ana gruba ayırabiliriz. Sert linyitlerin rutubet içeriği genellikle % 20'nin altındadır. Sert linyit türündeki rezervlerimizi yıkayarak kül oranını düşürmek ve böylelikle ısıl değerini yükseltmek mümkündür. Tunçbilek, Soma ve Çan linyitleri bu gruba girer. Rutubet içeriği % 40'ın üzerinde olan linyitler, yumuşak linyitler grubuna girmektedir.

Linyitlerimizin yarısından fazlası yüksek nem içermektedir. % 20'den az nem içeren tüvenan linyit kömürlerimiz ise rezervin % 15.14'ünü kapsamaktadır. Bilindiği gibi nem, tüketim açısından giderilmesi gereken bir safsızlık olarak kabul edilmektedir

6.4. Türk Linyitlerinin Isıl Değerleri

Tüvenan linyit kömürlerimizin alt ısıl değerleri 700 kcal/kg ile 5200 kcal/kg arasında değişmektedir. Tablo 6.5'te linyitlerimizin alt ısıl değerlendirmelerine göre bir sınıflandırma yapılmıştır.

Tablo 6.5 Linyit Rezervlerinin Isıl Değerlere Göre Dağılımı (Kural O, 1991)

Isıl Değer (kcal/kg)	Rezerv (1000 ton)	Rezervdeki Pay (%)
0 - 1000	2655665	1.7
1001 - 1500	4399061	54.96
1501 - 2000	658459	9.4
2001 - 2500	804849	9.63
2501 - 3000	1613764	17.16
3001 - 3500	102838	4.73
3501 - 4000	31262	0.59
Isıl Değer > 4000	228296	1.83

Tablo 6.5'ten de görüldüğü gibi linyitlerimizin % 56.66'sı 1500 kcal/kg'dan az bir ısıl değere sahiptir. 3000 kcal/kg'ın üstünde ısıl değere sahip linyitlerimizin oranı ise rezervlerimizin ancak % 7.15'idir.

1970-1993 yılları arasında linyit madenciliğinde çok önemli gelişmeler olmuştur. 1992 yılı itibarıyla tüvenan bazda 5, satılabilir kömür bazında 6.6 ve ham petrol eşdeğeri (TEP) olarak 3.9 kat artış göstermiştir. (Linyit Sempozyumu, 1994)

Belirtilen oranlardan, üretimin ham petrol eşdeğerindeki artışın, tüvenan üretimindeki artıştan oldukça geride kaldığı görülmektedir. Bu durum, üretim artışının ağırlıklı olarak düşük kaliteli linyit sahalarından kaynaklanmış olduğunu ortaya koymaktadır. Diğer taraftan, satılabilir üretimdeki artış, tüvenan üretimdeki artışın önemli ölçüde üzerinde yer almaktadır. Bu durum ise, üretilen linyitlerin giderek daha büyük bölümünün herhangi bir işleme tabi tutulmaksızın termik santrallarda tüketilmesinden kaynaklanmaktadır.

Tablo 2.9’da verilen birinci enerji kaynakları tüketimine baktığımızda 1973-1993 dönemleri arasında linyit tüketiminde çok önemli değişikliklerin olduğunu görmekteyiz. Dönem başında linyit esas itibarı ile ısınma ve sanayi sektöründe tüketilirken, günümüzde birincil tüketim alanı elektrik üretim sektörü olmuştur.

Tarafımdan oluşturulan Tablo 6.6’da linyit tüketiminin termik santrallar, ısınma ve sanayideki gelişimi ve gelişim içerisindeki payları verilmiştir. 1973 yılında üretilen linyitin % 17.13’lük bir bölümü elektrik üretiminde, % 82.87’lik bir bölümü konutlarda ve sanayi sektöründe tüketilirken, dönem sonunda oranlar tamamen tersine dönmüştür. 1993 yılında üretilen linyitlerin % 70’i termik santrallarda, % 30’u ise konut ve sanayi sektöründe kullanılmıştır. Bu oran 2000 yılında termik santrallar için % 81 ve 2010 yılında ise % 84 olacağı tahmin edilmektedir. (Tablo 6.7)

Tablo 6.6 Linyit tüketiminin termik santrallar, konut ve sanayi sektöründeki gelişimi ve toplam tüketim içerisindeki payları (Bin Ton)

Yıllar	Termik Sant.	%	Konut+Sanayi	%	Toplam	%
1973	1309	17.13	6333	82.87	7642	100
1974	1812	22.13	6376	77.87	8188	100
1975	2353.6	26.23	6619.4	73.77	8973	100
1976	2925.5	28.6	8072.5	71.4	10998	100
1977	3736	32	7939	68	11675	100
1978	1156	31.4	9079	68.6	13235	100
1979	5553	40	8329	60	13882	100
1980	5579	36.6	9664	63.4	15243	100
1981	6471.6	40	9707.4	60	16179	100
1982	6555	37	11161	63	17716	100
1983	8782	42.5	11881	57.5	20663	100
1984	11662.6	45.5	13969.4	54.5	25632	100
1985	19261	55.4	15506	44.6	34767	100
1986	27524.2	65	14820.8	35	42345	100
1987	23579	58	17074	42	40653	100
1988	16540	50	16540	50	33080	100
1989	28819.5	60.6	18738.5	39.4	47557	100
1990	29370	64	16521	36	45891	100
1991	31900	65.3	16951	34.7	48851	100
1992	34448	68	16211	32	50659	100
1993	33138	70	14202	30	47340	100

Tablo 6.7 2000 Yıllarında sektörel linyit tüketimimiz ve bunların tüketim içindeki payları (Bin Ton)

Yıllar	Konut+San.	%	Santral	%	Toplam	%
1994	17169	29	41223	71	58392	100
1995	18041	28	45218	72	63259	100
1996	18958	24	59410	76	78368	100
1997	19939	24	61465	76	81404	100
1998	20363	21	75751	79	96114	100
1999	20679	21	78638	79	99317	100
2000	21196	19	91653	81	112849	100
2001	22539	18	102160	82	124699	100
2002	23114	18	106500	82	129614	100
2003	23762	17	115439	83	139201	100
2004	24388	17	120040	83	144428	100
2005	25051	17	122050	83	147101	100
2006	25750	16	131199	84	156949	100
2007	26508	16	141546	84	168054	100
2008	27231	16	145747	84	172978	100
2009	28011	16	150968	84	178979	100
2010	28785	16	155156	84	183941	100

Tarafımdan oluşturulan Tablo 6.7’de 2000 yıllarında sektörel linyit tüketimi ve bunların toplam tüketim içerisindeki yüzdeleri verilmiştir. Tablo oluşturulurken 1973-1993 dönemleri arasındaki linyit tüketim artış hızı yaklaşık % 9.6 olarak alınmıştır. Tablo 2.8 ve Tablo 2.9’daki linyit üretim ve tüketim miktarlarına bakacak olursak, birbirine çok yakın değerler olduğunu görürüz. Bu tablo oluşturulurken üretilen linyitin tamamının tüketileceği yani üretimin tüketime eşit olacağı kabul edilmiştir. Dolayısıyla tabloda verilen tüketim miktarları aynı zamanda üretime eşittir.

Tablo 6.8'de Türkiye'nin genel enerji üretim ve talebi ile ithalat ihtiyacı verilmiştir. Tabloya bakacak olursak Türkiye birinci enerji talebinin, 1994 yılında 63 milyon TEP seviyesinden, yılda ortalama % 6.1 oranında artarak 2000 yılında 90 milyon TEP'e, % 5.6 oranında artarak 2010 yılında 155.6 milyon TEP'e ulaşması beklenmektedir. Ülkemizin net ithalat ihtiyacı 1994 yılında 33.4 milyon TEP iken, 2000 yılında 50.6 milyon TEP'e ve 2010 yılında da 95.7 milyon TEP'e ulaşmaktadır.

İthal kaynakların daha ekonomik olması, çevre kirliliğine yol açmaması, kullanım kolaylıkları gibi nedenlerle bu kaynaklara yönelinmesi, yerli üretimimizde duraklamaya ve ithal kaynakların toplam içerisindeki payının büyümesine neden olmuştur. Bu koşullar devam ettiği sürece, talep içerisindeki ithalatla karşılama oranı giderek büyüyecektir. Ancak kömür sektöründe aramaların hızlandırılması, üretimin daha ekonomik koşullarda ve daha kaliteli olarak sağlanması, kömür zenginleştirme gibi teknik çalışmaların hızlandırılması ile yerli kaynaklarımızın talebi karşılama oranını arttırabiliriz. Böylece ithal kaynakların da önüne geçmiş oluruz.

Tablo 6.8 Genel enerji üretim talep gelişimi (Altaş M, 1994)

(BİN TEP)

Yıllar	Üretim	Talep	İthalat	TYÜKO
1994	29569	62970	33401	47
1995	31106	67007	35900	46
1996	33203	71103	37899	47
1997	34537	75258	40721	46
1998	36333	80201	43868	45
1999	37069	85009	47940	44
2000	39498	90083	50585	44
2001	41636	95272	53636	44
2002	42734	100141	57407	43
2003	44448	105270	60822	42
2004	46020	110197	64177	42
2005	48847	116922	68076	42
2006	50452	123690	73237	41
2007	52349	130912	78563	40
2008	55720	139098	83379	40
2009	57917	147003	89086	39
2010	59867	155586	95718	38

TYÜKO : Talebin Yerli Üretimce Karşılama Oranı

6.5. Linyit Üretimine Çevresel Etkileri

Türkiye linyit rezervinin % 90'ı açık ocak maden işletme metodları ile üretilmektedir. 1993 yılı itibarı ile yılda 48.161 milyon ton kömür üretilmiştir. Dekapaj/kömür oranı ortalama 4-5 alındığında yaklaşık 200-250 milyon m³ dekapaj yapıldığı tahmin edilmektedir. Gelecek yıllar itibarı ile üretilecek yıllık kömür miktarının artması, kömür üretim faaliyetlerinin giderek derinleşmesi nedeniyle gelecekte dekapaj miktarında da önemli artışlar beklenmektedir. Özellikle açık ocak madencilik metodları ile üretilen linyit, işletme ve üretim esnasında çok önemli ölçüde çevresel olumsuz etkiler yaratmaktadır. (Linyit Sempozyumu, 1994)

Diğer yandan örtü-kazı ile kaldırılan toprak tabakasının başka bir yere yığılması topoğrafya değişmesine neden olarak toprak örtüsünü kapatmakta, tarım arazilerini olumsuz yönde etkilemektedir. Ayrıca kazı toprağının su ortamına atılması (su, göl, deniz) su yaşamını olumsuz yönde etkilemektedir.

Türkiye'de genel olarak kömür oluşumlarının düz ve az engebeli arazilerde bulunması nedeniyle, dekapaj kazı ve döküm alanları çoğu kez tarım ve orman arazileri içindedir. Linyit işletmeciliğinin çevre üzerindeki etkileri sadece kömür kazı ve dekapaj veya toprak dökümü olarak bitmemekte, kömürün üretimi, yıkanması-zenginleştirilmesi ve kullanımı süresince yapılan işlemler, toprak, su kaynakları ve hava gibi doğal çevreyi ve bu çevrede yaşayan canlıları etkilemektedir.

Ayrıca konu, linyit havza ve sahalarının bulunduğu alanlar itibarıyla irdelendiğinde, çevresel olumsuz etkileri açısından çok daha önemli sonuçlar doğurmaktadır. Şöyle ki, linyit ocaklarının bulunduğu alanların ;

- Ağaçlandırma ve ormanlık alanlarda,
- Tarım arazilerinde,
- İçme ve kullanma su rezervuar ve beslenme alanlarında,
- Turizm bölge ve alanlarında,
- Sit ve koruma alanlarında,
- Yerleşim birimleri ve altyapı tesislerinin bulunduğu alanlarda,
- Sulak alanlarda,

- Sahil, kumsal ve deniz içi alanlarda,
- Kültür ve tabiat varlıklarının bulunduğu alanlarda,

olması halinde linyit işletmeleri çevre üzerinde çok daha fazla ve telafisi mümkün olmayan tahribatlar yapmaktadırlar. Kısaca açık maden işletmeciliğinin önemli düzeyde arazi bozulmasına neden olduğunu söylemek mümkündür.

Linyit ocaklarındaki üst örtü formasyonu ile linyit damarlarında mevcut pirit ve diğer kükürt bileşiklerinin işletme ve ayıklama-eleme veya iyileştirme faaliyetleri sonucu ortaya çıkması, bu bileşiklerin oksidasyona uğraması neticesi, ocaklarda ve pasalarda yangınlar çıkartmakta ve hava kirliliğine sebep olmaktadır.

Yeraltı kömür işletmeciliğinde ise üretim aşamasındaki tozlanma işçi sağlığını olumsuz yönde etkilemektedir. Yeraltında zaman zaman kullanılan patlayıcı maddelerin çıkarttığı gazlar nedeniyle yine işçi sağlığının etkilenmesi söz konusudur.

Öte yandan yeraltında oluşan boşluklar zamanla yüzeysel tabakaların çökmesine, yeraltı tabakalarının ise kabarmasına neden olmaktadır. Bu da bir zemin sorunu olarak kendisini göstermektedir.

Linyit ocaklarında işletme ve üretim esnasında açığa çıkan kirli ve asitli yeraltı suları ve kömürün yıkanması ile ortaya çıkan yıkama suyu çevreye yayılmakta, akarsularla uzaklara taşınmakta, dolayısıyla su ve toprak kirlenmesine neden olmaktadır.

Açık ocak linyit işletmesi, mevcut topografik yapıyı değiştirmekte; yüzeysel ve yeraltı sularını olumsuz yönde etkilemekte; ağaçlık-ormanlık gibi alanlarda ise mevcut bitki örtüsünü ve ekolojik dengesini tahrip etmekte; tarım alanlarını, ekili-dikili arazileri bozmaktadır.

Genellikle açık ocak işletmeciliğinin yol açtığı arazi bozulmaları, yeraltı işletmeciliği ve cevher zenginleştirmeye oranla çok daha fazladır.

6.5.1. Çevresel Etkileri Azaltmaya Yönelik Teknik Önlemler

6.5.1.1. Linyitin Üretim Aşaması

Kömürün üretim aşamasında, kömür çıkarımı ile bozulan arazilerde yapılacak iyileştirme çalışmaları üretim süreci ile aynı zamanda planlanmalı ve yapılmalıdır. Özellikle verimli arazilerde kazı sırasında toprak üst tabakası sıyrılarak ayrı bir yerde depolanmalı, arazinin yeniden kazanılması sırasında da toprağın en üst tabakasına serilmelidir. Bu sayede toprağın geri kazanımı daha ekonomik ve en az zaman kaybı ile gerçekleşecektir.

Linyitin, kullanıma sokulmadan önce, yani üretimi esnasında safsızlıklarının giderilmesi, yapılması gereken öncelikli işlemlerdir. Bunlardan elle ayıklama, yıkama, briketleme ve kurutma, kömürün yapısı ve karakteristiğine bağlı olarak uygulanabilmektedir.

Bu işlemlerden amaç, kömürlerden kül ve rutubeti uzaklaştırarak ısı değeri yükseltmek, kükürdü uzaklaştırarak çevre kirliliği ve korozyonu önlemek, tüketime uygun parça büyüklüğünde standart tip kaliteli kömür üretmektir.

6.5.1.1.1. Kurutma

Kömürlerin pek çoğunda kül ve kükürten daha önemli bir safsızlık nemdir. Ülkemizde nemi % 50'ye varan kömürler çoğunluktadır.

Kömürlerde nemin uzaklaştırılması ile önemli bir safsızlık giderilerek, ısı değeri yükselmekte ve yanması kolaylaşmaktadır. Bu yüzden kömür kurutma, zenginleştirme sistemi olarak değerlendirilebilir.

Kömür kurutma teknolojileri değişik kömür özelliklerine göre tasarlanabilmektedir.

6.5.1.1.2. Yıkama

Kömürde istenmeyen safsızlıklardan biride küldür. Kül kömürün mineral kısmından kaynaklanan bir safsızlıktır. Kömürün organik yapısında, kömürleşen bitkinin içerdiği inorganik maddelerden meydana gelen kül varsa da bunun miktarı çok

fazla değildir. Külü oluşturan mineral kısmın esas kaynağını, üretim sırasında kömür tabakaları arasında kalan mineraller oluşturmaktadır.

Bu kül yapıcı maddelerin kömürden en kolay temizlenebileni üretim sırasında karışan yan kayaçlardır. Bu yan kayaçların miktarı az ve tane büyüklüğü iri ise elle ayıklama; miktarı fazla ve tane boyutları irili ufaklı ise, yıkama ile temizlenmesi uygun ve ekonomik olacaktır.

Yıkama sırasında oluşan ve içindeki kil, marn, taş ve kömür tozu bulunan kirli su daha sonra arıtmadan geçirilip, kömür ayıklanabilir.

Kömürün yıkanması; aynı zamanda parça iriliklerine göre sınıflara ayrılması ve hava kirliliğine neden olan kükürdün bir kısmının (pratik kükürdün) temizlenmesini sağlayan bir yöntemdir.

6.5.1.1.3. Briketleme

Genel anlamıyla ince taneli herhangi bir materyali bağlayıcı veya bağlayıcısız olarak, bir pres vasıtasıyla daha büyük ve sağlam parçalar haline dönüştürme işlemidir.

Kömür madenciliğinde uygulanan mekanizasyon sonucu toz kömür miktarında sürekli artımlar söz konusudur. Diğer taraftan yüksek nem içeren yumuşak linyit kömürleri de, kuruma esnasında büyük oranda tozlaşmaya uğramaktadır. Bilindiği gibi tozlu kömürleri verimli bir şekilde yakmak mümkün olmamakta ve bu şekilde yakılması sonucu hem yanmamış kömür külde kalmakta, hem de daha fazla kirlilik oluşturmaktadır. Ancak toz kömürlerin, kaliteli parça yakıt haline dönüştürülmesi briketleme yolu ile gerçekleştirilebilmektedir.

Briket tesisleri toz kömürlerle çalıştığından, herşeyden önce fabrika çevresi tozlanmayla karşı karşıyadır. Bunun yanında ürün olarak oluşan briketin ısı değeri artmaktaysa da briquete katılan katkı maddeleri (zift, katran vb.) yanma sırasında hava kirliliği yaratabilmektedir. Bu durum ise yakma sistemlerinin düzeltilmesi ve bazı ek önlemlerle giderilebilir.

6.5.1.1.4. Elle Ayıklama (Kribraj)

Linyit üretimi sırasında kömür damarlarının taban ve tavan kayaçları ile birlikte, yantaş olarak dağılabilen kum, kil gibi malzemeler kömür içine karışabilmektedir. Bu karışan taş ve diğer zararlı maddeler, taşıyıcı bant üzerinden, bantın her iki veya tek tarafında duran ayıklayıcı kişiler tarafından ayıklanır. Bu yöntemde genellikle 30 cm'den büyük, tüvenan kömür içinde bulunan taş ve diğer gayrisafiyetler ayıklanmaktadır. Bunun yanında, ayıklama sonucu biriken taş, marn gibi metaryellerin inşa sahalarında, yol yapımında (kara veya demiryolu vb.), deniz doldurulmasında veya ömrünü tamamlamış açık ocak sahasının kapatılmasında uygun olanların kullanılmaları mümkündür.

6.5.1.2. Linyitin Kullanım Aşaması

Linyitlerin elektrik üretimi ve ısınma amaçlı yakılması sonucu çevreye SO₂, CO₂, NO_x ve katı parçacıklar (uçucu kül ve curuf) bırakılmaktadır. Bu kısımda, bu zararlı bileşenlerin giderilmesinde alınması gereken önlemlerden genel olarak bahsedilmiştir.

Linyitin yakılması esnasında havaya verilen SO₂ en önemli kirleticidir. SO₂ emisyonunu azaltmak için genelde önerilen çözümler 5 ana grupta toplanabilir.

1) Linyit yakarak enerji üreten (buhar, sıcak su, elektrik gibi) tesislere Baca Gazı Kükürt Dioksit Giderme (BGKB) ünitelerinin eklenmesi ile baca gazlarının SO₂'den artırılması:

Baca gazından SO₂ giderme süreçleri atık ve geri kazanım süreçleri olmak üzere iki ana grupta toplanır. Bu gruplandırma, SO₂ tutma işleminden sonra çıkan ürünün tipine bağlıdır. Atık süreçlerinde ürün olarak katı atık oluşur. Geri kazanım süreçlerinde ise gaz veya sıvı biçimde kükürtdioksit, sülfürik asit, kükürt ve gübre tabanlı bileşikler gibi pazarlanabilir ürün oluşturulmaktadır. Atık süreçlerinin en büyük sorunu, oluşan katı atığın yeraltı suyunu kirletmeyecek bir şekilde atılmasını sağlamaktır.

2) Şu anda kullanılan konvansiyonel kazanların da az SO₂ emisyonuna neden olacak biçimde geliştirilmiş teknolojik kazanlarla; örneğin, akışkan yataklı kazanlarla değiştirilmesidir.

Akışkan yataklı kazanlarda, kömür uygun oranda kireçtaşı ile birlikte, curuf ve kireçtaşından oluşan bir akışkan yataklı yanma odasına beslenir. Yanma esnasında oluşan kükürtdioksit kireçtaşı ile girdiği tepkime sonucu kalsiyumsülfat halinde yatakta tutulur ve böylece baca gazı ile atılan kükürtdioksit miktarı azalmış olur.

3) Yakıt türünün değiştirilmesi:

Kükürt açısından en temiz yakıt doğalgazdır. Ancak doğalgaz ülkemizde yeterli miktarda mevcut değildir, temini dış alıma bağlıdır.

4) Daha düşük kükürt içeren yakıt ithali:

Daha düşük kükürt içeren kömür veya petrol ithal edilebilir. Ancak bu çözümde de dışarıya bağımlı kalınmaktadır.

5) Yakıtların kükürt miktarının değişik süreçlerle azaltılması:

Toz haline getirilmiş kömürdeki pritik kükürdün su ile yıkanarak, kükürdün kömürden çöktürme işlemi ile ayrılması mümkündür.

Yukarıdaki herbir alternatifin SO₂ emisyonunun azaltılmasında, bazı teknik ve ekonomik sınırlamalar mevcuttur. Her bir seçenek teknik ve ekonomik açıdan değerlendirilmeli ve karşılaştırma yapılırken SO₂ emisyonun çevreye yaptığı zararın sebep olduğu kayıp göz önüne alınmalıdır.

Linyitin yanması sırasında oluşan diğer bir kirlilik faktörü de azot oksitlerdir. Azot oksit (NO₂) emisyonunu azaltmaya yönelik önlemler özellikle yeni kurulacak tesislerde tasarım aşamasında alınmaya çalışılmalıdır. Linyitin yakılması esnasında alınabilecek önlemler NO₂ miktarında azalma sağlayabilmektedir. Toz haline getirilmiş (pülverize) kömür yakmak yerine daha büyük parçacıklı kömür yakan yakma tesisleri daha az NO₂ emisyonuna neden olmaktadır. Bilindiği gibi NO₂ oluşumunu hızlandıran faktörler sıcaklık ve yanma odasında bulunan oksijen miktarıdır. Sıcaklık ve oksijen miktarı arttıkça NO₂ oluşumu hızla artmaktadır. Bu nedenle yanma ortamındaki sıcaklığı düşürmeyi ve oksijen miktarını azaltmayı hedef alan, düşük hava fazlalığı ile yakma, düşük NO₂ yakıcılarının kullanımı, baca gazının miktarını geri yanma odasına

döndürme vb. gibi tekniklere ek olarak kazan tasarımında kazan boyut ve geometrisinin ve yakıcıların yerleşiminin en az NO₂ oluşumunu sağlayacak biçimde yapılması, NO₂ emisyonlarının önemli ölçüde azaltılmasını sağlayabilmektedir.

Tüm tekniklere karşın, daha fazla NO₂ giderilmesinin gerekmesi durumunda, baca gazından NO₂ giderme ünitelerinin, özellikle güç tesislerinde kullanımı mümkündür. En gelişmiş, baca gazı NO₂ arıtma süreci seçimi katalitik indirgeme prosesidir.

Baca gazı ile atılan taneseli maddeler (uçucu kül), elektrostatik çöktürücüler yada torba filtrelerde %99.8'e varan oranlarda tutulabilmektedir. Bu filtrelerde tutulan küllerin birikiminin neden olabileceği çevre sorunları, bu küllerin başka sektörlerde kullanımı sağlanarak giderilebilir.

6.5.1.3. Termik Santraller

Linyite dayalı bir termik santralin çevreye verdiği zararın en aza indirilebilmesi için, öncelikle yer seçimi aşamasında ekolojik faktörler dikkate alınmalıdır. Önceki yıllarda, yerel meteorolojik koşullar ve santralin tasarım parametreleri göz önüne alınarak, yöredeki hava kalitesi değerinin belirlenen standart değerlerin altında kalmasını sağlayacak yükseklikte baca inşa edilerek önlemeye çalışan çevresel etkileri; son yıllarda sınırlar ötesi taşınım ve asit yağmurları nedeniyle kaynakta kirletici gazların tutulması yolu ile önlenmeye başlanmıştır. Bu kapsamda önceki bölümlerde sözü edilen Baca Gazı Kükürt Arıtma Tesislerinin kurulması gerekli olmaktadır. Azot oksitlerin önlenmesine yönelik gaz arıtım teknolojileri mevcuttur. Ancak kazan tasarımı, yanma odası sıcaklığının düşük tutulması, kademeli yakma vb. gibi önlemlerle de azot oksitleri belirli bir düzeyin altında tutmak mümkün olabilmektedir. Termik santrallerden yayılan partikül miktarının azalmasına yönelik olarak elektrofiltre, son yıllarda da torba filtre kullanılmaktadır.

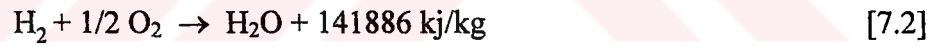
Termik santrallerin atıksularının ise nötralizasyon, çöktürme ve kimyasal çöktürme gibi konvansiyonel yöntemlerle arıtılmaları mümkündür. Tüm bu önlemler, daha proje aşamasında ele alındığı takdirde, santral maliyetinin yaklaşık % 20'sini oluşturmaktadır. Sonradan önlem alınması bu maliyeti % 30'a çıkarmaktadır.

7. KÖMÜRLERDE YANMA OLAYI

Yanma, yakıtların genelde havadan sağlanan O₂ ile hızlı oksidasyonu sonucu, ısı ve sıcak yanma ürünlerinin açığa çıktığı kimyasal reaksiyon olarak tarif edilebilir. Yakıtlar esas olarak C, H ve O'dan oluşmaktadır. Bunların yanı sıra az oranlarda S, N, Cl ve diğer elementleri içermektedir. Normal koşullarda ve O ortamında yakıtlar çoğunlukla CO₂ ve H₂O'ya dönüşürler. Ayrıca az miktarda S, N ve diğer elementlerin oksitleri de oluşmaktadır. Yanmanın tam olmaması durumunda CO, O₂, CH₄, kurum ve katran gibi çeşitli ürünler oluşmaktadır. Bu durum hava kirliliğini artırmaktadır.

Kömürün yanma olayını etkileyen başlıca özellikler : Alt ısı değer, uçucu madde, sabit karbon, nem ve kül oranları, kül zinterleşme sıcaklığı, reaktivite ve kırılabilirlik.

Kömür içerisindeki temel yanabilir elementler karbon, hidrojen ve bunların bileşenleridir. Yakıtların çoğunda az oranda kükürt bulunur. Kükürt, yanabilen bir madde olarak yakıtın ısı değerine belirli ölçüde katkıda bulunsa da bileşiklerinin korozif karakteri dolayısıyla zararlıdır. Aşağıdaki denklemlerden de anlaşılacağı üzere kükürdün vermiş olduğu ısı değer oldukça düşüktür. (Ekinci E, 1994)



Kömürün içerdiği kükürdün yanma odasında yanması ile önce SO₂ oluşur. Daha sonra bunun bir kısmı yanmadaki hava fazlalığına bağlı olarak SO₃'e dönüşmektedir.



Kükürdioksit (SO₂) ve kükürttrioksit (SO₃) yanma gazlarındaki subuharı veya havadaki su buharı ile birleşerek sülfirik asit (H₂SO₄) oluşumuna sebep olabilmektedir.



SO₃ ile subuharı sistemin içerisinde reaksiyona girerek H₂SO₄ oluşturuyor ve sistemin herhangi bir yerinde bacagazı sıcaklığı H₂SO₄'ün yoğunlaşma sıcaklığının altına düşüyorsa sistem yüzeyinde yoğunlaşan H₂SO₄ korozyona sebep olmaktadır. Baca gazı

sıcaklığı yoğuşum sıcaklığının üzerinde ise sistemde korozif etkilere sebep olmamasına rağmen atmosfer şartlarında yoğuşarak asit yağmurlarına sebep olmaktadır.

Ayrıca baca gazı içerisindeki SO_2 veya SO_3 atmosferdeki su buharı ile reaksiyona girerek H_2SO_4 'ün korozif etkisini önlemek için baca gazı çıkış sıcaklığının yoğuşum sıcaklığının üzerinde olması yeterli olabileceken, günümüzde artan çevre bilincine bağlı olarak dikkatleri üzerine çeken asit yağmurlarının oluşum etkenlerini de ortadan kaldırmak için H_2SO_4 oluşumunu önlemeye yönelik teknolojik önlemler alınmak zorunda kalınmıştır. Bu önlemler reaksiyona giren kükürt miktarını azaltma veya reaksiyon sonucu oluşan kükürt oksitleri herhangi bir yöntemle tutma şeklinde özetlenebilir. Bu yöntemler yakıttaki kükürtün giderilmesi, yanma odasında oluşan kükürtdioksitlerin tutulması ve baca gazındaki SO_2 'nin arındırılması şeklinde sınıflandırılır. Bu yöntemlerin bazılarında, konunun akışı içerisinde bahsedilecektir.

Hava kirliliğinin modellenmesi açısından yakıt ve havadaki azottan (N) kaynaklanan reaksiyonlarında değerlendirilmesi gerekmektedir. Kömürlerin yakılması neticesinde Azotun oksidasyonu ile NO_x 'ler oluşur. NO_x ile kastedilen nitrojen oksitlerin toplamıdır. Bunlar daha ziyade NO ve NO_2 dir. NO_x oluşum mekanizması iki grupta toplanabilir;

- Yakma havasının içerdiği azotun oksitlenmesi ile NO_x oluşumu (Isıl NO_x)
- Yakıtın içerdiği azotun oksitlenmesi ile NO_x oluşumu (yakıt NO_x)

NO oluşumunda; hem yanma esnasında atomik O_2 ile havadaki moleküler azotun reaksiyonu, hemde yakıtın içerisindeki azot ile O_2 'nin reaksiyonu etkin faktördür.



NO_2 ise bacadan sonra veya baca bölgesinde NO'nun oksidasyonu ile oluşur.



NO_2 'nin bir kısmı ise NO'nun ozonla (O_3) oksidasyonu neticesinde oluşur ki bu sağlık açısından daha zararlıdır.



Ayrıca NO₂'de O₃ ile reaksiyona girip NO₃ oluşturabilmektedir. Oluşan NO₃, NO₂ ve havadaki veya baca gazındaki su buharı ile reaksiyona girip nitrikasit (HNO₃) oluşturmaktadır.



Böylece oluşan nitrikasit buharı doğrudan solunum yoluyla alınabildiği gibi yağmur, kar, dolu ve çığ halinde yeryüzüne inerek insan ve hayvan sağlığına, tarım alanları, ormanlar ve doğal bitki örtüsüne çok büyük ölçüde tahribat yapmaktadır. Ayrıca NO_x'ler atmosferdeki ozonun oksijene dönüşümünü sağlayarak doğal dengeyi de tahrip etmektedir. Bu kadar önemli zararları tesbit edilen NO_x'in kontrolü gerekmektedir. Oluşan NO_x incelendiğinde bunun % 95'e yakın bir bölümün güç tesislerinden yani termik santrallerden kaynaklandığı tesbit edilmiştir. Bu yüzden özellikle termik santrallerde kontrolü yönünde çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Bu yöntemler; NO_x'in yanma odasında tutulması ve baca gazlarından arıtılmasıdır.

7.1. Yanma Öncesi Linyit Kömürlerinin Temizlenmesinde Fiziksel Kömür Yıkama Yöntemleri

Fiziksel kömür zenginleştirme tesislerinde, işleme tabi tutulan kömürden farklı boyutlarda nitelikli iyileştirilmiş kömür elde etmek mümkündür. Bu işlemlerle, kömürün külü ve kükürdü azalmakta, sabit karbon miktarı ve ısı değeri yükselmektedir. Uygulanan fiziksel yöntemlerle kömürün nemi de bir miktar düşürülebilmektedir.

Kükürt kömürde anorganik ve organik olmak üzere iki şekilde bulunmaktadır. Anorganik kükürt kömürde, sülfat, piritik ve elementer kükürt şekillerinde olmaktadır. Fiziksel yöntemlerle kömürden kükürdün uzaklaştırılmasında, suda eriyebilen sülfat kükürdü, yıkama işlemleri sırasında giderilmektedir. Dolayısıyla sülfat kükürdü hava kirliliği açısından herhangi bir sorun yaratmaz. Elementer kükürt ise kömürlerde çok seyrek görüldüğünden kükürttten arındırmada gözönüne alınmamaktadır.

Organik kükürt ise kömürün bünyesine bağlı olduğundan, fiziksel yöntemlerden etkilenmemekte ve kömürden uzaklaştırılamamaktadır. Kömürü oluşturan bitkinin artıklarında bulunan proteinler, organik kükürdün meydana gelmesine neden olurlar. Organik kükürt miktarı, toplam kükürdün % 20-80'ini kapsamaktadır. Teorik olarak organik kükürt yüzdesi, fiziksel yıkama yöntemleriyle ulaşılabilecek en düşük kükürt oranını belirlemektedir. Fiziksel yöntemlerle kömürden uzaklaştırılmasına çalışılan kükürt piritik kükürttür. Yöntemin esası, pirit kömürün farklı fiziksel ve fizikokimyasal özelliklere sahip olmalarına dayanmaktadır. Fiziksel yöntemlerle kömürlerin kükürt içeriklerinin azaltılması aşağıdaki koşullar için geçerlidir;

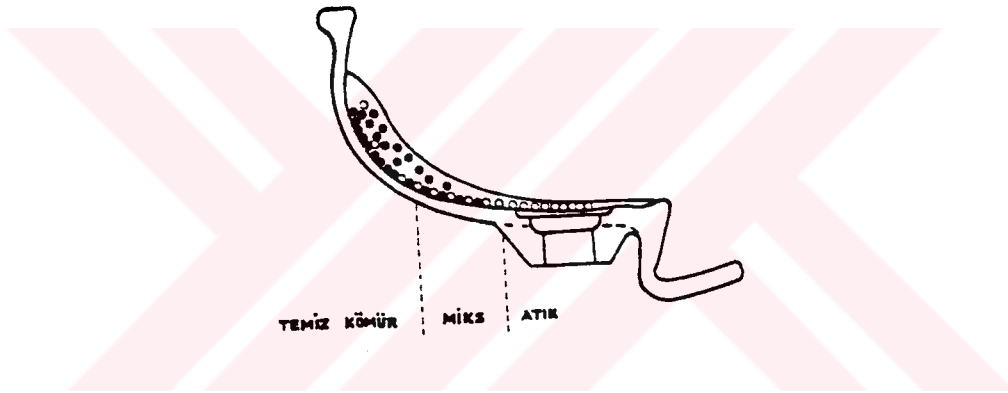
- Kömürdeki piritik kükürt/organik kükürt oranının yüksek olması (yani toplam kükürt içeriğinin piritten gelen kısmının yüksek olması),
- Piritin tane boyunun çok küçük olmaması,
- Piritin serbest halde veya kömürle çok az bileşik halde olması,

Yukarıdaki koşullar, kömürde bulunan piritik kükürdün tamamının fiziksel yöntemlerle kömürden uzaklaştırılmasının mümkün olmadığını göstermektedir. Çok küçük taneli, büyük bir olasılıkla bakteri kökenli piritler, organik kükürt gibi kömürün yapısında kalmakta ve mekanik yolla uzaklaştırılamamaktadır. Bu şekildeki küçük pirit taneleri, piritin uzaklaştırılma verimini düşürmekle kalmayıp, temiz kömürün kükürt yüzdesinin artmasına da neden olur. Öğütmenin; kömürlerin içindeki piritlerin serbestleşmesinde büyük etkinliği olduğu bilinmektedir. Özbayoğlu G. (1982)'de Aşkale-Erzurum linyitini kullanarak yaptığı deneylerde; tane boyu 18 mm olduğunda piritik kükürdün % 75'ini, 0.5 mm olduğunda ise % 80' nin uzaklaştırabildiğini göstermiştir.

7.1.1. Spiral Ayırıcılar

Spiral yıkama cihazı, çok dönümlü helisel bir oluktur. Avustralya, G. Afrika Cumhuriyeti, Kanada ve A.B.D. gibi ülkelerde kömürün temizlenmesinde başarıyla uygulanan spiraller ince kömürün kükürdünün azaltılmasında kullanılmaktadır. Günümüzde poliüretan ve cam elyafın kullanımı ile spiral tasarımında gelişmeler sağlanmış ve 3 - 0.075 mm arasındaki kömürlerin spirallerle yıkanması mümkün

olmasına rağmen, uygulamada 1 - 0.1 mm tüvenan zenginleştirmede yaygın olarak kullanılmaktadır. İşletilmesi oldukça basit ve işletme maliyeti düşüktür. Spiral olduğu için de akan şist ve kömür karışımı malzeme, santrifuj kuvvetinin etkisi ile ayrılmaktadır. Yoğunluğu daha düşük olan kömür oluğun dışına doğru sıralanmakta, yoğunluğu daha ağır olan şist oluğun içine doğru yoğunlaşmaktadır. Şekil-1'de bir spiral oluğu ve bu oluk içinde değişik malzemelerin yoğunlaşması görülmektedir.



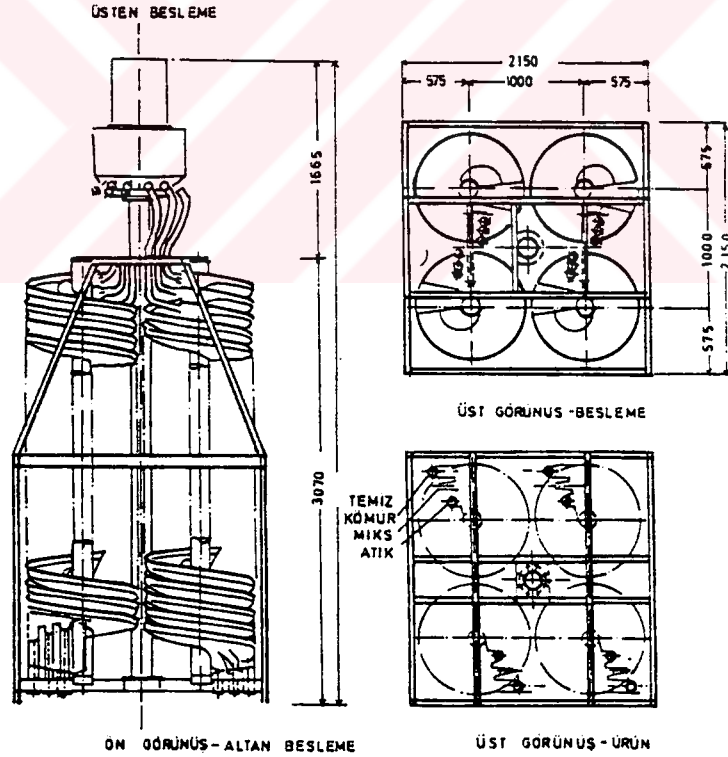
Şekil 7.1 Spiral oluğunun kesiti (Önal G,1991)

Spiral kömür yıkama cihazlarının hafif oluşu ve yerleşim alanı olarak tozlu yere ihtiyaç göstermemeleri nedeniyle inşaat hacimleri açısından büyük avantaja sahiptir. Şekil 7.2'de spiral üniteleri batarya halinde düzenlenmiş biçimde gösterilmiştir.

Spirallerde ayırma yoğunluğu ve ayırma verimi tane iriliğinin fonksiyonu olarak aşağıda gösterilmiştir. (Önal G, 1991)

Tane iriliği	Ayrışma yoğunluğu	Muhtemel hata
0.5mm-0.25mm	1.9	0.22
0.25mm-0.125mm	1.95	0.32
0.125mm-0.075mm	2.15	0.50

Çapları 70 - 100 mm arası değişen bir spiral ile saatte 2 - 4.5 ton arasında kömür yıkamak mümkündür. Genel olarak spiraller flotasyon, ince kömür jig ve su siklonlarına alternatif olarak kullanılmaktadır. Bu durum primer ve sekonder devreler için geçerlidir. Spiraller 1 - 0.1 mm tane aralığında flotasyon, sallantılı masa ve ağır mayi devrelerinden daha verimli çalışmaktadır.



Şekil 7.2 Dört spiral üniteli üç ürünlü batarya

7.1.2. Siklon ve Benzeri Ayırıcılar

İnce kömürlerin kükürt içeriklerinin azaltılmasında siklonlar önemli bir rol oynamaktadır. 0.5 mm'lik kömürlerin temizlenmesinde en etkin yöntem olan flotasyona alternatif olarak gösterilen su siklonlarında verim flotasyona göre düşük olmasına rağmen, siklonların düşük yatırım masrafları, onları uygulamada çekici yapmaktadır.

Ağır ortam siklonlarıyla ince kömürlerin temizlenmesi dünyada en çok uygulanan yöntemdir. Bu yöntemin tek sakıncası ince tanelerde ortamın akışkanlığının ayırım verimini olumsuz yönde etkilemesidir. 1.30 ile 1.80 arasındaki yoğunluklarda yapılan yıkamalarda performans oldukça iyidir. Ağır siklonların uygulama alanı 12 veya 6 mm'nin altındaki tanelerdir. Piritin serbest halde bulunduğu ince tane boyutlarında ağır ortam siklonları kesin ayırım yapabilmektedir. Piritin uzaklaştırılmasında ağır ortam ayırıcılarının endüstriyel çaptaki uygulamasına örnek olarak Sitinson tesisi verilebilir. Bu tesiste 10-38 mm'lik taneler konik tanklarda ve 1.30 özgül ağırlığında yıkanmakta ve % 79 kükürt içerikli metalurjik temiz kömür üretilmektedir. Batan kömür ikinci bir konik tankta, 1.45 özgül ağırlığında yeniden yıkanmakta ve % 0.87 kükürt içeren temiz kömür elde edilmektedir. 0.5 - 10 mm.lik ince taneler ise ağır ortam siklonlarında 1.30 özgül ağırlığında yıkanmaktadır. Buradan elde edilen temiz kömürde % 0.71 kükürt bulunmaktadır. (Sevilgen S, 1996)

Amerikada kullanılan Freon isimli ağır organik sıvı, ortamın akışkanlığının ince taneler üzerindeki olumsuz etkisini azaltmaktadır. Otiska adı verilen bu yöntemde Freon, saatte 100 ton kapasitesi olan bir tesiste uygulanmıştır ve çok yüksek ayırım verimi elde edilmiştir. Yöntemin geliştirilmesi için siklonlarla çok ince tanelerin yıkanabilmesi yönünde çalışmalar devam etmektedir. (Kural O.1991)

Ağır ortam ayırıcıları iki gruba ayrılmaktadır.

- I. Statik Ağır Ortam Ayırıcıları
- II. Santrifüjlü Ağır Ortam Ayırıcıları

7.1.2.1. Statik Ağır Ortam Ayırıcıları

Statik ağır ortam ayırıcıları derin ve sığ ayırıcılar olmak üzere iki grupta toplanırlar. Her iki türde de yüzen temiz kömür ortamın tabii akışı ile veya taraklar ile

ayırma hücrelerinden ayrılırken, batan şistlerin sistemden uzaklaştırılması, ayırıcılara göre farklılıklar gösterir. 300 mm - 6 mm arasındaki kömürler statik ayırıcılarda yıkanabilirler.

Sığ ve derin ayırıcılar arasındaki en belirgin farklılık verdikleri ürün sayısında görülmektedir. Derin ayırıcılardan üç ürün almak oldukça kolay iken, sığ ayırıcıların bazıları üç ürüne olanak vermemektedir. Sığ ağır ortam ayırıcılarında yoğunluk kontrolü çok önemlidir. Derin ağır ortam ayırıcılarında ise manyetit kayıplarının fazla olduğu gözlenmiştir. Chance Kum konisi, Barvoys ayırıcısı, Tromp ayırıcısı, Wemco konik ayırıcısı, derin ayırıcıların tipik örnekleridir (Şekil 7.3). DSM ayırıcısı, Ridley-Scholes ayırıcısı, Wemco Tamburlu ayırıcı, Drewboy, Teska ve Norwalt ayırıcıları ise sığ ayırıcılardan bir kaç örnektir. (Şekil 7.4)

7.1.2.2. Santrifüjlü Ayırıcılar

Bu tip ayırıcılar toz kömürlerin (30 mm - 0.5 mm) yıkanmasında yaygın olarak kullanılmaktadır. Bilindiği gibi küçük katı tanelerin sıvı içinde çökme hızları düşük olup santrifüj kuvveti uygulayarak ayırma hızını ve buna bağlı olarak kapasiteyi artırmak mümkündür.

Akışkan ortam içindeki bir tane üzerindeki santrifüj kuvveti aşağıdaki eşitlikte ifade edilmektedir: $F_C = (M_p - M_f) \times V^2 / r$ [7.11]

F_C = Santrifüj kuvveti

V = Teğetsel hız

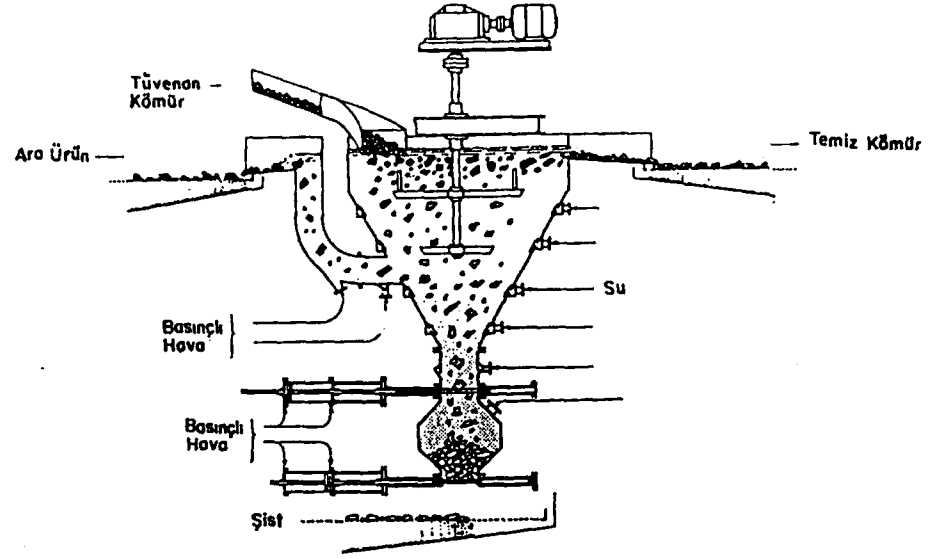
r = Ayırıcı yarıçapı

M_p = Tane kütlesi

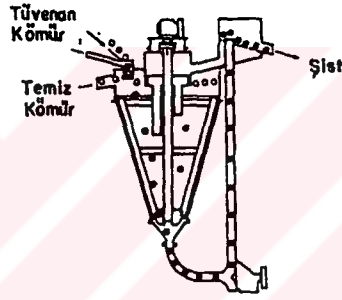
M_f = Tane hacmine eşdeğer ortam kütlesi (ortamın kaldırma kuvveti)

Eşit hacimli şist ve kömür taneciği ele alındığında santrifüj kuvveti kömür için negatif, şist için ise pozitif olmaktadır. Negatif santrifüj kuvveti kömür taneciğini ayırma hücresinin merkezine, pozitif santrifüj kuvveti ise şist taneciğini ayırma hücresinin duvarlarına doğru iterek kömürün şistten ayrılmasını sağlamaktadır.

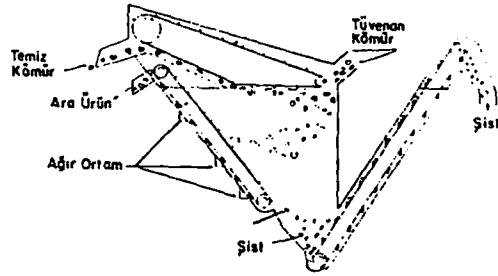
Günümüzde yaygın olarak kullanılan ve ilk olarak 1950'ler de uygulamaya sokulan kömür yıkama cihazlarının en önemlileri Vorsyl, Dynawhirlpool ve Tri-flo ayırıcılarıdır.



(a)



(b)



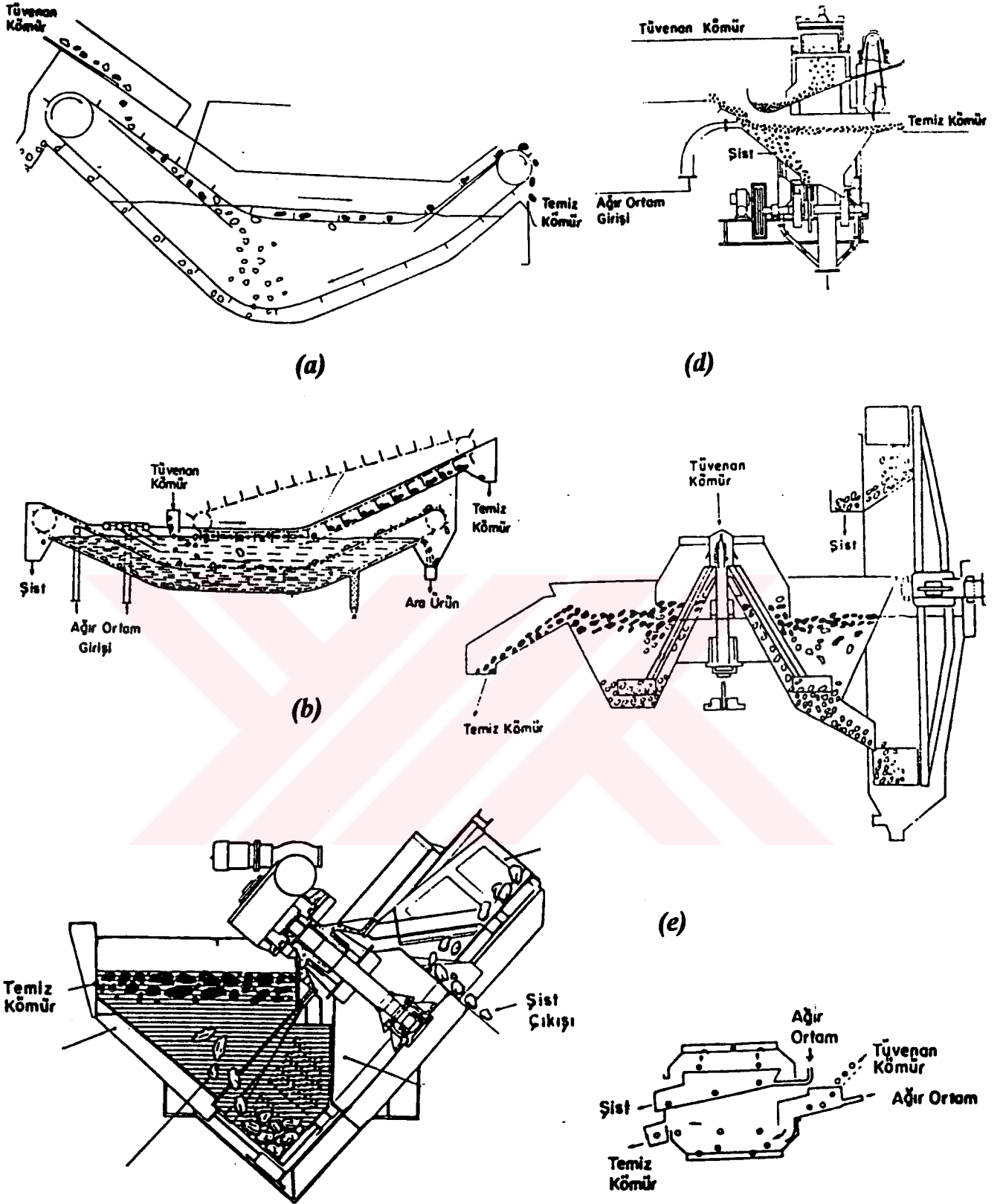
(c)

Şekil 7.3 Derin Ağır Ortam Ayırıcıları (Linyit Sempozyumu , 1994)

a. Chance Kum Konisi

b. Wemco Konik Ayırıcısı

c. Derin Tromp Ayırıcısı



Şekil 7.4 Sığ Ağır Ortam Ayırıcıları (Linyit Sempozyumu, 1994)

- | | |
|----------------------|---------------------------|
| a. DSM Ayırıcısı | d. Teska Ayırıcısı |
| b. Fromp Ayırıcısı | e. Norwalt Ayırıcısı |
| c. Drewboy Ayırıcısı | f. Wenco Tambur Ayırıcısı |

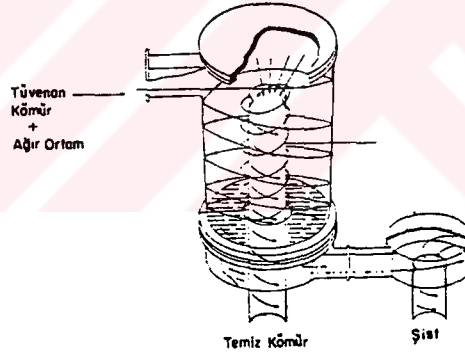
7.1.2.2.1. Vorsyl Ayırıcısı

Bu ayırıcı 1967 yılında İngiltere’de 50-0.5 mm arasındaki kömürleri yıkamak için geliştirilmiştir. Vorsyl ayırıcısı dik olarak yerleştirilmiş silindirik dik bir hücreden oluşmaktadır. (Şekil 7.5) Çalışmalar sonucunda optimum hücre çapı 72 cm olarak bulunmuştur. Bu çapta bir ayırıcı ile 120 ton/saat kapasiteye ulaşılmaktadır. Tablo 7.1’de bu tip ayırıcının farklı ayırma yoğunlukları ve tane boyları için gösterdiği performans ile ilgili veriler görülmektedir.

Tablo 7.1 Vorsyl Ayırıcısının Performans Değerleri (Linyit Sempozyumu, 1994)

Tane Boyu (mm)	Ayırma Yoğunluğu (kg/lt)						
	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9
	E_p						
25 x 12	0,025	0,025	0,030	0,036	0,041	0,046	0,054
12 x 0,5	0,033	0,035	0,039	0,044	0,047	0,050	0,057

E_p : Ayırma verimi

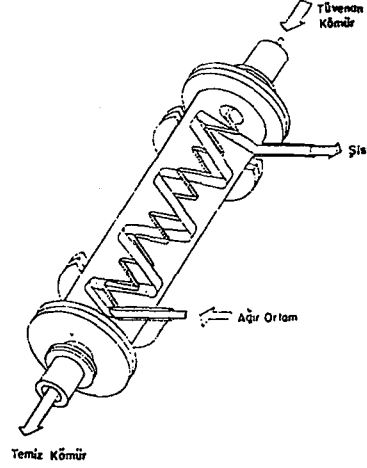


Şekil 7.5 Vorsyl Ayırıcısı (Linyit Sempozyumu, 1994)

7.1.2.2.2. Dynawhirpool Ayırıcısı

A.B.D.’de geliştirilen bu ayırıcı 30-0.5 mm arasındaki kömürlerin yıkanmasında yaygın olarak kullanılmaktadır. Ayırma işlemi, yatay ile 20-25 derecelik açı yapan silindirik bir hücrede gerçekleşmektedir. (Şekil 7.6) Ağır ortam siklonu ve yıkanacak kömür hücreye farklı girişlerden beslenmektedir. 65 cm çapındaki bir ayırıcının kapasitesi 100 ton/saat civarındadır. Performansı ağır ortam siklonları ile benzerlik

gösteren ($E_p=0.002-0.038$) Dynawhirlpool ayırıcısının içindeki ortam yoğunluğu eşit olmayıp şist çıkışına ve hücre duvarına doğru artış göstermektedir.



Şekil 7.6 Dynawhirlpool Ayırıcısı (Linyit Sempozyumu, 1994)

7.1.2.2.3. Tri-Flo Ayırıcısı

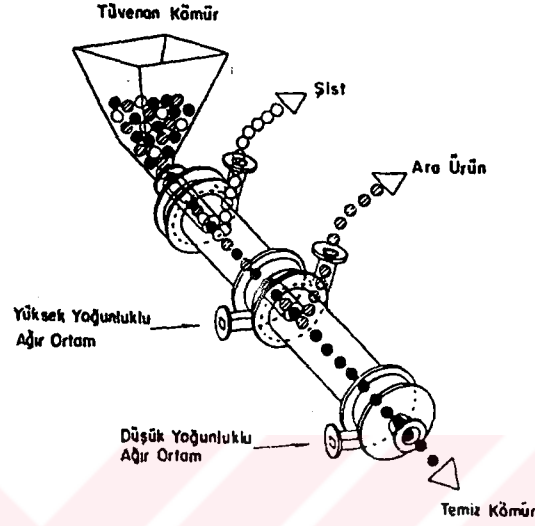
Seri halde birleştirilmiş iki tane Dynawhirlpool ayırıcısından oluşan ve İtalya’da geliştirilen bu ayırıcıda farklı yoğunlukta iki ortam kullanıldığından şist, temiz kömür ve mikst olmak üzere üç ürün elde edilir. (Şekil 7.7) 50 cm çapında bir tri-flo ayırıcısının 30-0.5 mm arasındaki malzeme için kapasitesi 100 ton/saat’tir.

7.1.3. Flotasyon

İnce kömürlerden piritin flotasyonla uzaklaştırılması ile ilgili birçok araştırma yapılmıştır. Bu çalışmalar, piritin çöktürülüp kömürün yüzdürülmesi veya kömürün bastırılıp piritin yüzdürülmesi esasına dayanmaktadır. Bazen her iki yöntemde bir arada uygulanmaktadır. Kömürlerdeki pirit, sülfürlü cevherlerde bulunan piritten 40 defa daha aktif olduğundan kömür flotasyonda kolayca bastırılmamakta, bu yüzden etkin bir kömür/irit ayrımı sağlanamamaktadır (Özbayoğlu G,1987).

Bu yöntem, toz kömür olarak adlandırılan 0 - 0.5 mm ebadlı kömürlerin yıkanmasında uygulanan bir yöntemdir. Genellikle köpük flotasyonu sistemi tercih

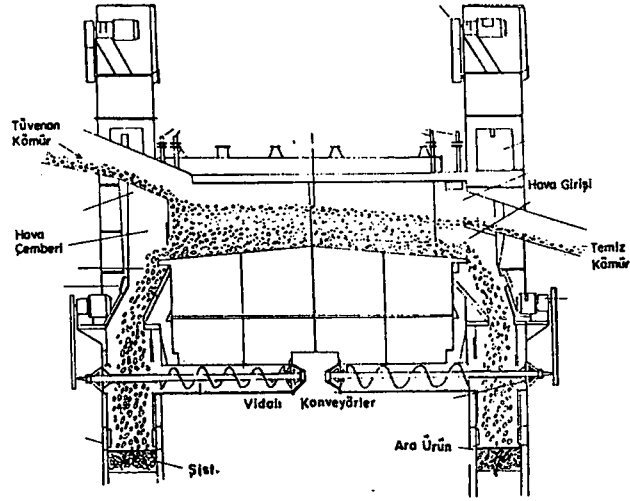
edilmektedir. Bu yöntemde, kömür taneleri hava kabarcıkları içinde flotasyon teknelerinden taşma suretiyle alınır. İstenen ayırma ulaşmak için çok sayıda batarya ve reaktif gerektiğinden pahalı ve işletmesi zor bir yöntemdir. Bu yüzden bu yöntem, daha çok değerli mineraller için uygulanmaktadır.



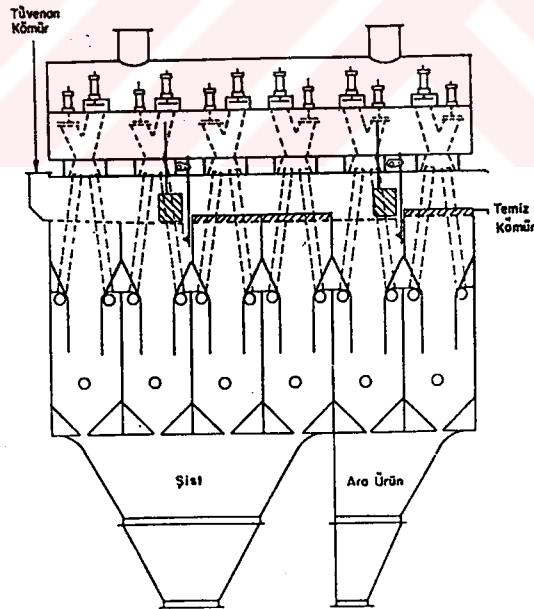
Şekil 7.7 Tri-Flo Ayırıcısı (Linyit Sempozyumu, 1994)

7.1.4. Jigler

Jiglerde suyun sürekli olarak aşağı yukarı hareketiyle oluşturulan hareketli bir yatak yardımı ile kömür ve şistin tabakalaşması sağlanmaktadır. Teorik olarak 150-0 mm arasındaki kömürler jig ile yıkanabilse de pratikte alt sınır boyutu 75 mikrondur. Beslenme hızı 15-30 ton/saat/ civarındadır. En yaygın olarak kullanılan jigler Baum jigleridir. (Şekil 7.8) 15 mm'den küçük malzemelerin temizlenmesinde feldispat yataklı jigler kullanılır. Jiglerde temiz kömür ve şist'in yanında, ara ürün de elde etmek mümkündür. Jiglerin performansını artırma yönünde birçok çalışmalar yapılmaktadır. Son 12-20 yılda geliştirilen jigler ve Batak jigler ile, Baum jiglerde görülen sakıncaların birçoğu ortadan kaldırılmıştır. Jiglerde verimli bir operasyon için aynı karakterdeki ve boyut dağılımındaki malzemenin sabit hızla beslenmesinin yanında yatak hareketinin sürekliliği de önemlidir. Şekil 7.9'da Batak jig şekli gösterilmiştir.



Şekil 7.8 Baum Jig (Linyit Sempozyumu, 1994)



Şekil 7.9 Batak Jig (Linyit Sempozyumu, 1994)

7.2. Kömürün Susuzlandırılması ve Kurutulması

Kömürün kullanım ekonomisini etkileyen en önemli faktörlerden biri de kömürdeki nemdir. Yüksek orandaki nem nakliye ve yakma işlemlerinde gereksiz bir yük, kömürün ısıl değerini düşürücü bir faktör olmaktadır.

Kömür iri (+6 mm), orta (-6 mm, 600 μ m), ve ince (-600 μ m) olarak üç tane boyu aralığında ele alındığında, nem oranı iri kömürde susuzlandırma elekleri kullanılarak % 3-4, orta boy kömürlerde ise sepetli santrifüjlerle % 8-10 düzeylerine kadar düşürülebilmektedir. Ancak filtre edilmiş ince kömürün yüzey nemi %18-22 dolaylarındadır ve herbir boyut aralığındaki kömürün ağırlık yüzdesine bağlı olarak toplam yıkanmış kömürdeki yüzey neminin yarısına yakın bir kısmını oluşturabilir. (Dahlstorm, 1981) Bu nedenle de bünye nemi çok az olan taş kömürlerinde, nem ile ilgili sorunlar daha ziyade ince kömür üzerinde yoğunlaşmıştır. Doğal olarak bu sorunların en az düzeyde ortaya çıkmasını sağlamak için de öncelikle yapılması gereken de madencilik aşamasında ve yıkama tesislerinde alınacak önlemlerle ince kömürün brüt kömür içerisindeki yüzdesini mümkün olduğunca düşük düzeyde tutmaktır. Bu bağlamda, yıkama tesisi akım şemalarında gereğinden fazla pompalama işleminden ve malzemenin geri çevriminden kaçınmak gerekir. İnce temiz kömürün susuzlandırılması için kullanılan en yaygın yöntem disk tipi döner filtrelerdir. Bu filtrelerde yüzey aktif kimyasalların kullanılarak kömür tanecik yüzeylerinin hidrofobikleştirilmesi ve suyun yüzey geriliminin düşürülmesi yoluyla filtre kekinde daha az nem elde edilmesi olasıdır. Bu yöntem kullanılacak kimyasalların maliyetine bağlı olarak bazı durumlarda ekonomik olabildiği görülmüştür. Filtre kekinin buharla ısıtılması da nemin azaltılmasında kullanılabilen diğer bir yöntemdir ve rahatlıkla yatay bantlı filtrelerde uygulanabilir. Kömür taneciklerinin tutuşması, patlama ve hava kirliliğine yolaçması gibi sakıncaları olmakla birlikte ince temiz kömürün ısıl işlemlerle kurutulması nemin azaltılması da ekonomik bir seçenek olarak görülmektedir.

Bünye suyu yüksek olan düşük kaliteli kömürlerde (linyitler veya yarı bitümlü kömürlerde) mekanik susuzlandırma olmaktadır. Bu durumda da atılan nemin tekrar absorblanması, tozlanma ve kendiliğinden yanma gibi sorunlar ortaya çıkmaktadır.

Ticari olarak uygulanabilen kurutma işlemleri, kurutulmuş ürünün depolanmadan veya taşınmadan hemen kullanılabilceği durumlarda görülür. En yaygın olarak kullanılan yöntem de nemin, kömürün fiziksel yapısında çok fazla değişikliğe neden olmayacak sıcaklıklardaki baca gazları ile buharlaştırılmasıdır. Bu işlem sabit veya akışkan yataklı kurutucularda, veya döner fırınlarda yapılabilir. Kömürün toz halinde yakılması için yapılan öğütme işlemleri esnasında da önemli oranlarda bir kurutma yapıldığı da bilinmektedir. Çok düşük kükürt içerikli linyit veya yarı bitümlü kömürlerin %50-55'lere varan nemlerin azaltılması için sıcak yağ ve sıcak su ile buharlaştırmaz kurutulması gibi yöntemler ve hafif gazlaştırma gibi kurutmanın da ötesinde işlemler içeren yöntemler denenmekte ise de henüz ticari uygulama bulabilmiş değillerdir. (ODTÜ Maden Mühendisliği Bölümü, 1994; Linyit Sempozyumu)

7.3. İleri Kömür Yıkama Teknolojileri

Kül ve kükürt içeriği düşük kömür üretebilmek için yeni yöntemler araştırma-geliştirme aşamasındadır. Kömürdeki safsızlıkların mümkün olduğunca serbestleşmesi için kömürün çok ince boyutlara öğütülmesi gerekmektedir. Çok ince öğütülen kömürün yüzey alanı artacağından nem tutma sorununun yanında taşıma işlemleri de sorunlar yaratabilir. Bu sorunların üstesinden gelebilmek için yeni peletleme veya susuzlandırma teknikleri geliştirmek gerekmektedir. Mikro-hava kabarcıklı köpük flotasyonu, ağır mayi siklon ve seçimli salkımlaştırma ileri kömür yıkama yöntemlerine örneklerdir.

7.3.1. Mikro-Hava Kabarcıklı Köpük Flotasyonu

Çok küçük, mikron düzeyindeki hava kabarcıklarının kullanıldığı bu yöntemde 20 mikrona kadar öğütülen kömür tanecikleri flotasyon kolonlarında yüzdürülmekte, daha sonra filtrelerle susuzlandırılmaktadır. Farklı kömürlerle pilot çapta yapılan deneyler %75'lere varan enerji verimiyle piritik kükürdün atılma oranının %86'ya kadar çıkabileceğini göstermiştir. (Linyit Sempozyumu, 1994) Deneyler, hava kabarcıklarının neden olduğu kolonlardaki türbülansın flotasyonu olumsuz etkilediğini, flotasyon veriminin külü oluşturan minerallerin tipine ve kömür içindeki dağılımına çok bağlı

olduğunu göstermiştir. Bu tür işletme sorunlarına karşın mikro hava kabarcıklı flotasyon yöntemi, temiz kömür üretebilmek için olumlu bir alternatiftir.

7.3.2. Ağır Mayi Siklonları

Bu yöntemde 28 meş'e (mesh) kırılan kömür, safsızlıklarının ayrıştırılmasını kolaylaştıran ağır bir mayi (metil klorür) ile karıştırılıp pülp haline getirilmekte ve tekrar -325 meş'lere kadar değişik boyutlarda öğütülmektedir. Öğütülen kömür ağır mayi siklonlarına beslenmekte, siklon üstü ve siklon altı tekrar temizlenmektedir.

Elde edilen temiz kömür, basınçlı filtrelere gönderilmekte, böylece metil klorür tekrar kazanılmaktadır. Daha sonra, temiz kömüre ısı işlem uygulanarak kalan metil klorür buharlaştırılmaktadır. Birincil ağır mayi siklonu olarak 5 cm çaplı, temizleme devresindeki siklon olarak da 2.5 cm çaplı siklonların kullanılmasıyla piritik kükürdün %90'ı temizlenebilmektedir. Bu yöntemde karşılaşılan güçlükler şunlardır: -325 meş'lik beslemede, fazla miktardaki kül siklon verimini hızla düşürmektedir; bunun yanında metil klorür filtrelerin lastik aksamalarını bozmaktadır. (ODTÜ Maden Mühendisliği Bölümü, 1994)

7.3.3. Seçimli Salkımlaştırma

Bu yöntem kömür tanelerinin heptan ile salkımlaştırılmasına dayanmaktadır. 20 mikrona öğütülen kömür, heptan ile pülp yapılarak hızlı karıştırma yapan karıştırıcıya beslenmekte ve temiz kömür tanelerinin heptan ile mikrosalkımlar oluşturulması sağlanmaktadır. Bu karıştırıcıdan çıkan malzeme (mikrosalkımlar, su ve artık) yeniden yavaş karıştırma yapan karıştırıcıya beslenerek salkımların dayanımını arttırmak amacı ile bu karıştırıcıya heptanın yanında asfalt ilave edilmekte ve mikrosalkımlardan yaklaşık 1 cm boyutunda peletler elde edilmektedir. Su ve artık malzeme karıştırıcının elek şeklindeki tabanından ayrılmaktadır. Kömür peletleri eleğin üzerinde kalır. Kömür buharla ısıtılarak heptan kazanılır. Bunu takiben kömüre su püskürtülerek peletlere yapışan artık taneler varsa bunlar temizlenir ve kömür filtrelerde susuzlaştırılır.

Genellikle salkımlaştırma işleminin en önemli dezavantajı, kullanılan yağın (peletin ağırlıkça %10-40'ı) kömürün içinde kalmasıdır. Bu nedenle işletme maliyeti

petrol fiyatlarına bağılı olarak değişmektedir. Heptan gibi hafif hidrokarbonlar kullanıldığında bu dezavantaj yok edilmektedir. Çünkü heptanın kaynama noktası düşüktür ve buharla % 99.99'u tekrar kazanılıp kullanılabilir. (Linyit Sempozyumu, 1994)

Bu yöntemle temizlenen kömürlerde pritik kükürtteki azalma %70-72, külde ise %75-77 olmuştur. (Linyit Sempozyumu, 1994)

7.4. Yanma Odasında SO₂ ve NO_x Kontrolü

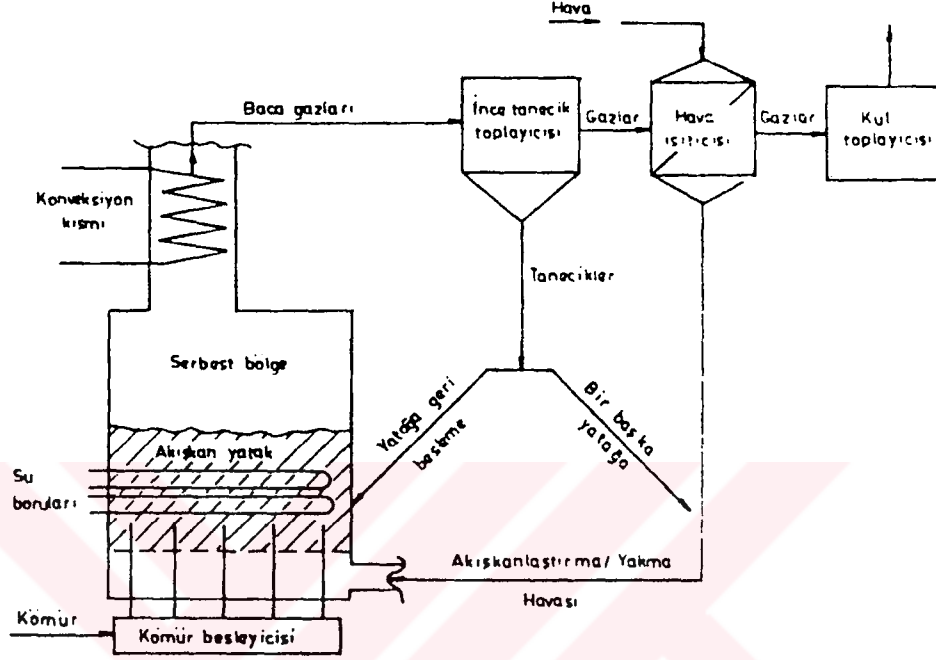
Kömürün kükürdü her ne kadar yanma öncesi uygulanan fiziksel yöntemlerle temizlenmeye çalışılsa da, kükürdün tamamı temizlenememekte, kömür içerisinde bir miktar kükürt kalmaktadır. Bu kalan kükürdünde mümkün olabildiğince kömürden uzaklaştırılması gerekmektedir. Bunun için en uygun yöntem, Akışkan Yataklı Yakma Sistemleridir. Akışkan Yataklı Yakma Sistemleri sayesinde sadece SO₂ oluşumu değil, aynı zamanda NO_x'lerin oluşumuda önlenmekte ve daha iyi bir yanma verimi sağlanmaktadır.

7.4.1. Akışkan Yataklı Yakma Sistemleri

1920-1970 yılları arasında çok az bir gelişme gösteren kömür yakma teknolojisi, bu tarihten sonra petrol krizleri nedeniyle Akışkan Yataklı Yakma Sistemlerinin geliştirilmesi ile büyük sıçrama yapmıştır. Akışkan yatakların çalışma mekanizması temel olarak mm boyutundaki kömürü kendi başına veya inert bir malzeme (kum,kül gibi yanmayan tanecikler) ile karışım halinde havada askıda tutularak yakma işlemine dayanmaktadır. Akışkanlaşan bir kömür taneciği hidrodinamik olarak, tamamen bir sıvı davranımı göstermektedir. Bu bakımdan akışkan yatak kömürü fuel-oil kıvamında yakma işlemi olarakta görülebilir. Şekil 7.10'da Atmosferik Basınçlı Akışkan Yataklı Yakma Sisteminin şekli görülmektedir.

Şekil 7.10'da gösterilen bu yakıcıya, kömür üstten veya yatağın içinden beslenebilir. Yakma havası aynı zamanda akışkanlaştırıcı havası görevini görür ve rüzgar odacığı yoluyla dağıtıcı elekten geçerek yatağa beslenir. Dağıtıcı elek, havayı sıkıştırarak jet halinde yatağa beslemekte ve havanın yakıt içerisinde homojen bir şekilde dağılımını sağlamaktadır. Aynı zamanda dağıtıcı elek, yatak durduğu zaman,

yatak malzemesini ve külü taşımak gibi bir göreve de sahiptir. Akışkan yataklı yakıcılarda yatak malzemesini kömürün tutuşma sıcaklığının üzerine çıkartacak bir ısıtma sistemi gereklidir. Bu amaçla fuel-oil gibi sıvı yakıtlar, gaz veya dıştan elektrikli ısıtmalı sistemler kullanılabilir.



Şekil 7.10 Atmosferik Basıncılı Akışkan Yatak (Ekinci E, 1994)

Bu sistemlerde, tüm ısı transfer katsayısı diğer yakıcılara kıyasla çok daha yüksektir. Kömürün yoğun bir şekilde yakıldığı bölgeye yerleştirilen ısı transfer yüzeyleri % 50' lik bir ısı kazanımı sağlamaktadır. Geri kalan ısı, daha çok uçucu madde ve ince kömür taneciklerinin yandığı serbest bölgeden çekilir. Toz yayılımının kontrolü için siklonlar yeterli olmaktadır.

Akışkan yataklar, özellikle düşük kaliteli ve çevre kirlenme potansiyeli yüksek katı yakıtların değerlendirilmesinde kullanılır. Yanmanın 800-900 °C gibi düşük sıcaklıklarda gerçekleşmesi, geleneksel sistemlerle yakılamayan düşük ısıl değerlikli yakıtların değerlendirilmesine olanak sağlar. Bu yolla şehir çöplerini yakarak enerji elde etmek de mümkün olabilmektedir. Yanma sıcaklığının düşük olması aşağıda belirtilen üstünlükleri de sağlamaktadır. (Ekinci E, 1994)

1) Yanmanın 1000 °C'den düşük sıcaklıklarda gerçekleşmesi NO_x yayılımını diğer sistemlere kıyasla % 50 oranında düşürmektedir.

2) °C yanma sıcaklığı çoğu Türk linyitlerinin zinterleşme sıcaklığının altında kaldığından, diğer sistemlerde büyük sorun yaratan aglomerasyon olayından önemli ölçüde kaçınılabilmektedir.

3) Yanma odası ve dağıtıcı elek malzemesinin seçiminde esneklik sağlamak ve bu elemanlar daha ucuza mal olabilmektedir.

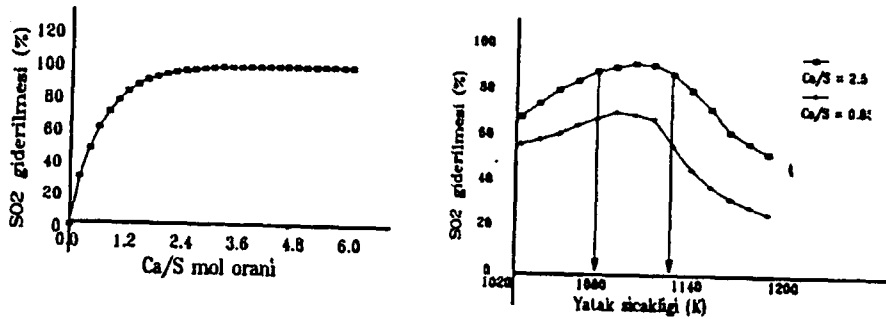
7.4.1.1. SO₂ Kontrolü

Ülkemiz linyitlerinin en önemli problemlerinden birisi S oranının yüksek olmasıdır. Akışkan yataklı yakıcılarda S'ten kaynaklanan SO₂ yayılımını, akışkan yatağa kireçtaşı veya dolomit gibi maddeler ilave edilerek önemli ölçüde kontrol edilebilmektedir. Kazana toz halinde enjekte edilen kireçtaşı veya dolomit yanma gazları içerisinde kalsiyum oksite (CaO) ve magnezyum oksite (MgO) dönüştür ve SO₂ ile reaksiyona girerek sülfatlı bileşikleri meydana getirirler. Termodinamik açıdan CaO, SO₂ ile 650-1250 °C arasında yeterli süre temas ederse reaksiyona girmektedir. Bu yöntemle SO₂ gidermenin avantajları, yatırım ve işletme masraflarının düşük olmasıdır. Tablo 7.2'de Akışkan Yataklı Yakıcıda SO₂ tutumu için meydana gelen reaksiyon ve ısıları verilmiştir. (Köse R, 1996) Termodinamik açıdan düşük sıcaklıklar, CaSO₄ oluşmasını olumlu yönde etkilemektedir. Deneysel veriler; bu reaksiyon için optimum sıcaklığın 825 °C olduğunu, 900 °C'den yüksek sıcaklıklarda ise SO₂' nin tutulma veriminin önemli ölçüde azaldığını göstermiştir. (Önal G, 1991)

Tablo 7.2 Akışkan Yataklı Yakıcıda SO₂ tutumu için meydana gelen reaksiyon ve ısıları

Reaksiyon	Reaksiyon ısısı (kJ/kmol)
$S_{(k)} + O_{2(g)} \rightarrow SO_{2(g)}$	-296900
$CaCO_{3(k)} \rightarrow CaO_{(k)} + CO_{2(g)}$	177790
$CaO_{(k)} + SO_{2(g)} + 1/2 O_{2(g)} \rightarrow CaSO_{4(k)}$	-500200
$CaCO_{3(k)} + SO_{2(g)} + 1/2 O_{2(g)} \rightarrow CaSO_{4(k)} + CO_{2(g)}$	-322410

Yukarıda bahsedildiği gibi 900 °C'den yüksek sıcaklıklarda SO₂'nin kireçtaşı ile tutulması azaldığından , konvansiyonel sistemlerde SO₂ emisyonu molar Ca/S oranının 2-2.5 olduğu hallerde ancak % 40-50 arasındadır. Ca/S molar oranının 2.5-3 olması durumunda ise SO₂ ayırma verimi % 90'lara çıkmaktadır. Burada kullanılan kireçtaşının boyutu çok önemlidir. Çok küçük tanelerin kolayca akışkan yataktan taşınıp kaçabilmelerine karşın, büyük taneciklerden ise tam yararlanma mümkün olmamaktadır. Zira SO₂'nin CaO ile tutulması sonucu oluşan CaSO₄'ün molar hacmi CaO'nun molar hacminden 2.42 misli daha büyük olduğundan, gözeneklerin tıkanması sonucu bu reaksiyon tanecik yüzeyine yakın yerlerde sınırlıdır. 100 kW ısıl güce karşılık yatağa beslenmesi gereken yakıt ve kireç taşına örnek verecek olursak; Seyitömer linyiti % 1.2 kükürt yüzdesi ile 2.88 kg/h'lik kireçtaşı beslemesine ihtiyaç gösterirken Çan linyiti ise 15.47 kg/h'lik değerle en üst sınırdadır. Kireçtaşı ile yakıt arasındaki oran incelendiğinde ise; Çan linyitinde kireçtaşı/yakıt oranı 0.52, Tunçbilek linyitinde 0.26, Seyitömer linyitinde 0.10 olmaktadır. Kireçtaşı miktarı; kireçtaşı/yakıt oranına bağlı olarak yataktaki katı dengesini doğrudan etkilemekte, sonuçta ise yatak tasarım değerleri değişmektedir. Şekil 7.11'de Ca/S mol oranının ve yatak sıcaklığının SO₂ tutumuna etkisi gösterilmiştir. (Köse R, 1996)



Şekil 7.11 Ca/S mol oranının ve yatak sıcaklığının SO₂ tutumuna etkileri

Bu eğrilere bakarak şu sonuçları çıkartabiliriz: Maksimum SO₂ tutulması 1088-1118 K'deki yatak sıcaklığında olmaktadır. Daha yüksek sıcaklıklarda CaSO₄ bozulur ve SO₂ açığa çıkar. SO₂ tutumu Ca/S mol oranı 2.5-3 arasında maksimumdur.

7.4.1.2. NO_x Kontrolü

Daha önce bahsedildiği üzere NO_x oluşumundaki ara etken N₂, yakıt yada hava kaynaklı olmaktadır. Doğalgaz ve sıvı yakıtlar kimyasal olarak bağımlı azot içermez. Dolayısıyla bu yakıtların yanmasında havanın içerisindeki azottan kaynaklanan NO_x oluşumu etken olmaktadır. Ağır sıvı yakıtların ve kömürün yakılmasında ise yakıttaki azottan kaynaklanan NO_x oluşumu daha etkin olmaktadır. Özellikle kömür ve ağır fuel-oillerin yakılmasıyla oluşan emisyon içinde NO oldukça fazladır.

Kazanlarda NO_x oluşumunun sınırlandırılması, yakma sistemlerine NO_x oluşum mekanizmalarının frenlenmesine yönelik teknolojik önlemlerin alınması ve yakma sistemlerinde değişikliklere gidilmesini gerekli kılmaktadır. NO_x oluşumu özellikle 1000°C'nin üzerinde aşırı artış gösterdiğinden, bu önlemler temelde yanma odasının sıcaklığının düşürülmesi, yanmanın mümkün olan en düşük hava fazlalığında ve kontrollü yapılarak NO_x oluşumunun bastırılması prensibine dayanmaktadır. Bunun için yakma sistemi yapısının bu amaçlar doğrultusunda belirlenmesi brülör özelliği ve konumu, hava fazlalığının en aza indirilmesi, havanın homojen dağılımı, hava ön ısıtma işleminin sınırlandırılması, baca gazı ve sirkülasyonu düşük NO_x oluşturan brülörlerin kullanılması gibi önlemlerin alınması gerekmektedir.

Akışkan yataklı kazanlarda yatak sıcaklığı düşük tutulduğundan (800~900°C) NO_x oluşumu azaltılmaktadır. Bu nedenle akışkan yatak teknolojisi NO_x emisyonu kontrolü yönünde de önemli bir araçtır.

Yukarıda belirtilen önlemlerle yanma odası sıcaklığı azotun oksidasyon sıcaklığının altında tutulmaktadır. Böylece baca gazları içerisinde NO_x bulunmamakta azot, N₂ gazı olarak atmosfere atılmaktadır.

NO_x ve SO₂'lerin tutulmasında baca gazı yıkama sistemleri de kullanılmaktadır. Bazı termik santrallerimizde baca gazı desülfürizasyon sistemleri kullanılarak SO₂ kontrolü yapılmaktadır. Fakat bu çalışmada, baca gazı desülfürizasyon sistemlerinden bahsedilmemiştir.

7.5. Türkiye'deki Mevcut Durum

Halen yurdumuzda kamuya ait 3, özel sektöre ait ise 1 olmak üzere 4 linyit lavvarı bulunmaktadır. T.K.İ.'ye ait Tunçbilek lavvarı 700 ton/saat, Soma lavvarı 165 ton/saat kapasiteli olup, 1950'li yıllardan beri çalışmaktadır. T.K.İ.'nin Ömerler linyitlerinin yıkanması amacıyla kurduğu Ömerler lavvarı ise 600 ton/saat kapasiteli olup, 1993 yılı sonunda geçici kabul ile işletmeye alınmış ve çalışmaya başlamıştır. Ömerler lavvarı ağır mayi ayırım sistemiyle çalışan bir lavvar olup 150x18 mm boyutundaki tüvenan kömür önce primer ağır mayi teknesinde 1.45 yoğunlukta yüzdürülerek temiz kömür üretilmekte, batan kısım ise sekonder ağır mayi teknesinde 1.80 yoğunlukta yeniden yüzdürülerek mikst ve şist elde edilmektedir. (Ekinci E, 1994)

18x0.5 mm'lik ince kömürler ağır mayi siklonlarında, yine sırasıyla 1.45 ve 1.80'de yüzdürülerek ince lave kömür, mikst ve şist üretilmektedir. 0.5x0.1 mm arasındaki kömür taneleri ise Reichert spiralleri vasıtasıyla kazanılmaktadır. Ömerler lavvarının basitleştirilmiş akım şeması Şekil 7.12'de verilmiştir. Tablo 7.3'de T.K.İ.'ye ait lavvarlarda yıkama yöntemleri, Tablo 7.4' ise bu lavvarlardan elde edilen ürünlerin kaliteleri gösterilmiştir. (Ekinci E, 1994)

Tablo 7.3 Türkiye'deki linyit lavvarlarının yıkama yöntemleri (Ekinci E, 1994)

Lavvarın Adı ve Kapasitesi	Yıkama Yöntemi	Tane Boyutu (mm)
Tunçbilek (700 ton/saat)	Ağır mayi tamburu	50-18
	McNally jigi	18-0.5
	Ağır mayi siklonlar	18-0.5
	Su siklonları (Aritma)	0.5-0.1
Soma (165 ton/saat)	Baum jigi	100-18
	Baum jigi	18-0.5
Ömerler (600 ton/saat)	Ağır mayi tankları	150-18
	Ağır mayi siklonları (primer ve sekonder)	18-0.5
	Reichert spiralleri	0.5-0.1

Tablo 7.4 Lavvardan elde edilen ürünlerin kaliteleri (Ekinci E, 1994)

Lavar	Ürünler	% Nem	% Kül	% Uçucu Madde	% Sabit C	% Yanar S	% Toplam S	Alt Isı (kcal/kg)	Üst Isı (kcal /kg)
Tunçbilek	50 mm lave	16.70	19.46	31.16	32.68	1.74	2.40	4430	4720
	50-58 lave	17.20	17.18	31.64	33.98	1.50	2.20	5072	5370
	18-10 lave	18.00	17.45	30.93	33.62	1.80	2.30	4500	4800
	18-0	21.10	16.10	30.10	32.70	1.50	2.10	4457	4770
	0.5-0 şlam (artıma)	26.28	30.82	22.29	20.61	1.32	1.90	2445	2730
	Tunçbilek Tüvenan	Açık ocak	15.09	39.85	24.69	20.37	1.15	2.08	2544
	Kapalı ocak	11.80	45.42	23.68	18.8	1.28	1.70	2273	2470
Soma	18 mm lave	16.26	12.40	33.30	38.04	0.50	0.77	4441	4750
	18-10 lave	18.37	14.20	32.68	34.75	0.50	0.80	4090	4400
	10-0 lave	22.71	16.75	30.97	29.57	0.46	0.78	3384	3700
	0.5-0 şlam	42.00	27.35	21.70	8.95	0.44	0.70	1370	1713
Soma Tüvenan	Açık ocak	16.34	30.20	27.48	25.98	0.60	0.95	2943	3200
	Kapalı ocak	15.40	33.92	46.48	23.20	0.62	0.95	2454	2700
Ömerler	150-18 lave	18.60	12.85					4945*	
	150-18 lave	17.70	41.71					3061*	
	18-0.5 lave	19.80	11.11*					4966*	
	18-0.5 lave	19.70	39.53					3183*	
	0.5-0.1 lave	28.20	21.09					3664*	
Ömerler Tüvenan	Kapalı ocak	16.08	39.15	24.29	20.48	1.32	2.10	2551	2780
								3154*	

*Kuru kömürde

Lavvarlardan elde edilen ürünler incelendiğinde, yıkama yoluyla tüvenan kömürün kalitesinin iyileştirildiği açıkça görülmektedir. Bütün lavvarlardan üretilen lave kömürlerde kül oranları düşmüş ısıl değerleride yükselmiştir. Temiz kömürlerde toplam kükürt, dolayısıyla yanar kükürt oranlarında yükselme olmasına rağmen havaya verilecek SO_x miktarı, artan kalori miktarına bağlı olarak azalacağından çevre kirliliği azalmaktadır. Mevcut yıkama yöntemleri ile, EPA koşullarını sağlayan ürünler Soma lavvarından elde edilen +18 mm ve 18-10 mm lave kömürleridir. Bunda Soma tüvenan kömürünün düşük kükürt içeriğinin de rolü olmakla birlikte, Soma tüvenan kömürün doğrudan yakılması EPA koşulunu karşılayamamaktadır. Soma kömürü, ancak

yıkandıktan sonra EPA koşullarına uygun bir kaliteye ulaşmaktadır. Daha yüksek kükürtlü kömürleri yıkayan diğer lavvarlardan daha düşük kükürtlü ürünlerin alınabilmesi için konvensiyonel yıkama yöntemlerinin dışına çıkılması zorunlu olmaktadır.

Linyite dayalı termik santrallerin hemen tümünde baca gazlarındaki kükürt oksitleri Ülkemiz Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği sınır değeri olan 1000 mg/Nm³'ün üzerindedir.

Yönetmeliğin yayınlanmasından önce termik santrallerin çevre üzerindeki tahribatının azaltılması için ilk olarak baca yüksekliklerinin artırılması düşünülmüş ve bu amaçla 270-300 m'lik bacalar inşa edilmiştir. Söz konusu yönetmeliğin yayınlanmasından sonra, bu önlemlerin yeterli olmadığı görülmüş ve bu önlemlere ek olarak partikül madde emisyonlarının azaltılması için birçok santrale verimi % 99.4-99.82 olan elektrofiltreler teçhiz edilmiştir. Linyite dayalı tüm santrallerin kükürtoksit emisyonlarının yönetmelik sınır değerinin altına çekilebilmesi için gereken yatırımın büyüklüğü (1987 yılı fiyatları ile 1,5 milyar \$) dikkate alınarak o dönemde işletmede veya tesis halinde bulunan termik santrallerin bir öncelik sıralamasına göre Baca Gazı Kükürt Arıtma (Desülfürizasyon) tesisleri ile teçhizi kararlaştırılmıştır. Bu çerçevede bugüne kadar yapılan çalışmalar şöyledir.

- 2x150 MW gücündeki Çayırhan Termik Santrali, 1. ve 2. ünitelerine retrofit olarak kurulan Baca Gazı Desülfürizasyon (BGD) tesisi 1991 yılında işletmeye alınmıştır. Yaklaşık 100 milyon DM'ye mül olan bu tesiste yaş kireçtaşı prosesi uygulanmış olup % 98'e varan temizleme verimi ile çalışmaktadır.

- 1x210 MW gücündeki Orhaneli Termik Santrali BGD tesisinde yaş kireçtaşı prosesine dayalı olarak ihale edilmiştir. Toplam sözleşme bedeli 43 milyon \$ olan tesisin temizleme verimi % 95 olarak tespit edilmiş olup, proje çalışmaları sürdürülmektedir.

- 3x210 MW gücündeki Kemerköy Termik Santrali BGD tesisi ihalesi tamamlanmıştır. Yaş kireçtaşı prosesine dayalı bu tesiste de arıtma verimi %95 olarak tespit edilmiştir. Toplam sözleşme bedeli 84 milyon ABD dolarıdır.

- 3x210 MW gücündeki Yatağan Termik Santralı BGD tesisi ihalesi tamamlanmış, 78 milyon ABD doları toplam bedelle sözleşme imzalanmıştır. Tesis, %95 arıtma verimi ile çalışacak şekilde planlanmıştır.

- 2x210 MW gücündeki Yeniköy Termik Santralı ve 6x165 MW Soma Termik Santralı BGD tesisleri fizibilite çalışmaları tamamlanmıştır.

- Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği'nin yayınlanmasından sonra ilk planlanan linyit santralleri olan Çayırhan Termik Santralı 3. ve 4. üniteleri ile Kangal Termik Santralı 3. ünitesi BGD tesisleri ile birlikte ihale edilmiş ve sözleşmeleri imzalanmıştır. Üretim planlamalarında aday olarak belirtilen Termik Santraller, planlama çalışmalarında BGD tesisleri ile birlikte ele alınmış olup, söz konusu tesisler santraller ile sipariş edilecektir.

Linyite dayalı termik santrallerimizde azotoksit ölçümleri, Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliğinin sınır değerlerinin altında kaldığını göstermektedir. Termik santrallerimizde yanma odası sıcaklığının düşük tutulması nedeni ile azot oksitleri kirletici boyutta oluşmamaktadır. Ayrıca kazanlarda uygulanmakta olan teğetsel yakma tekniği nedeni ile azot oksit oluşumları düşük seviyelerde kalmaktadır.

Termik santrallerin baca gazlarındaki partikül maddeler uçucu küllerden oluşmaktadır. İşletmede olan tüm termik santrallerimiz, kuruldukları yılların teknolojisine uygun elektrofiltrelerle teçhiz edilmiş durumdadır. Seyitömer, Tunçbilek ve Soma 1,2 gibi nisbeten eski yıllarda kurulmuş olan santrallerde elektrofiltre verimleri %98-99 seviyesinde tutulmuş olup, bu santrallerin elektrofiltrelerinin iyileştirilmesine ihtiyaç bulunmaktadır. Son yıllarda kurulan santrallerden Orhaneli Termik Santralı %99,82 verimle çalışan elektrofiltrelerle teçhiz edilmiştir. Kemerköy Termik Santralı'nın elektrofiltre verimi sözleşmede %99,4 belirlenmiş olmasına rağmen, deneme işletmesi ve testler sırasında elektrofiltrelerinin %99,8 verimle çalıştığı görülmüştür.

Linyite dayalı termik santrallerde, yakıt ile bağlantılı olarak oluşan atıksuların esasını, kazan altı curuf teknesi taşıntı suları oluşturmaktadır. Bu tür sıvı atıklar, santrallerden çıkan diğer teknolojik atıksular ile birlikte atıksu arıtma tesislerinde arıtıldıktan sonra santral içinde kül ıslatma ve benzeri amaçlarda tekrar

kullanılmaktadır. Külün hidrolik olarak atılarak kül barajlarında depolandığı santrallarda (Örn. Soma) ise bu tür sıvı atıklar kül barajına gönderilmektedir. Bugün işletmede bulunan termik santrallarda, Tunçbilek gibi birkaç eski santralin dışında atıksu sorunu yaşanmamaktadır.

Linyite dayalı termik santrallarda, yakıttan kaynaklanan katı atıklar kül ve curuftur. Kullanılan linyitin kül içeriğine bağlı olarak yanma sonrası çıkan kül ve curuf miktarıda değişmektedir. Genelde linyitlerimizin kül yüzdeleri yüksek olup katı atıkların büyük miktarlarda oluşmasına neden olmaktadır. Külün kuru olarak depolandığı santrallarda karşılaşılan çevre sorunları nedeni ile son dönemlerde bu işlem ya külün kuru olarak naklinden sonra kül depo sahalarında su ile yayılarak, ya da hidrolik olarak naklinden sonra kül barajlarında suyun altında depolanarak gerçekleştirilmektedir.

Külün gerek depo sahalarında su ile yayılarak gerekse kül barajlarında depolanması durumlarında zeminin geçirimsiz olması tercih edilmektedir. Depolama sırasında küllerin su ile teması söz konusu olmaktadır. Bu temas sırasında küllerin içinde bulunan ağır metaller gibi elementlerin çözünerek suya geçmesi çevrede olumsuz etkiler yaratabilir. Ancak ülkemiz linyitlerinin alkali yapıları nedeni ile kül ile temas eden suların pH'ı yükselmekte ve pH'ı yüksek ortamda ağır metaller çökelmekte, böylece yeraltı sularına karışarak zararlı etkiler yaratması söz konusu olmamaktadır. Yapılan bilimsel araştırmalar sonucunda kül parçacıklarında bulunan elementlerin yüksek pH değerlerinde su ile sızma özelliği göstermesinin beklenmediği açıklanmıştır. Ancak linyitlerin kimyasal yapısı, termik santralların tasarımı, uygulanan çevre koruma yöntemleri ve saha koşulları gibi faktörlere bağlı olarak her küle özel çalışmalar yapılması gereklidir. Önceki dönemlerde kurulmuş olan santrallarda kül barajlarında çözünürlük ve yeraltı sularının etkilenme durumları bilimsel çalışmalar kapsamında incelenmektedir. Yeni kurulacak santrallarda ise daha tasarım aşamasında, depolama yönteminin ve sahanın seçilmesi sırasında benzer çalışmaların gerçekleştirilmesi çevrenin olumsuz biçimde etkilenmesini önleyecektir.

8. SONUÇ

Bir ülkede tüketilen elektrik enerjisi miktarı, o ülkenin gelişmişlik seviyesinin bir göstergesidir. Dünya elektrik enerjisi üretiminde olduğu gibi Türkiye elektrik enerjisi üretiminde de fosil kaynaklı termik santrallerin payı oldukça fazladır. 1991 yılı rakamlarına baktığımızda, dünya elektrik enerjisi üretiminde termik santrallerin % 63.8'lik, Türkiye'de ise % 62'lik bir paya sahip olduğunu görmekteyiz ki, bu rakamlarda elektrik enerjisi üretiminde fosil yakıtların payının ne kadar fazla olduğunu açıkça göstermektedir.

Fosil yakıtlar içerisinde en önemli olanı kömürdür. Kömür, Dünya'da endüstri devriminin gerçekleşmesinde önemli bir rol oynamıştır. Kömür kaynaklarını bularak iyi değerlendiren ülkeler, 19. yüzyılda endüstri devrimini gerçekleştirerek, bu günün gelişmiş ülkeleri durumuna gelmişlerdir. Kömür önemini günümüzde de korumaktadır. Çünkü, bir ülkenin gelişmişlik ve kalkınmasının başlıca göstergeleri olan enerji ve demir çelik üretimlerinin ana hammadde girdilerinin başında kömür gelmektedir.

Türkiye kömür kaynakları açısından oldukça zengin bir ülkedir. Toplam 9.742 milyar ton olan kömür rezervimizin; 8.374 milyar tonu linyit, geri kalan 1.368 milyar tonu da taşkömürüdür. Diğer enerji kaynaklarının (petrol, doğalgaz) ülkemizde az bulunması sebebiyle termik santrallerde yakılan yakıtların önemli bir kısmı kömürlerden (% 55.1 linyit, % 4.5 taşkömürü) karşılanmaktadır.

Petrol tüketiminde dışarıya bağımlı olduğumuz ve petrol ömrünün de sınırlı olduğu gerçeğinden hareketle, 2000'li yıllarda kömürün öneminin daha fazla artacağını söylemek de yanlış bir tahmin olmaz.

Burada unutulmaması gereken bir gerçek vardır ki; bu da linyit kullanımından doğan çevre kirliliğidir. A.B.D.'de 1970'de kabul edilen "Temiz Hava Yasası", havaya verilecek en fazla SO_x miktarını $1.2 \text{ lb}/10^6 \text{ BTU}$ (veya $2.16 \text{ kg}/10^6 \text{ kcal}$) olarak sınırlamıştır. Buna göre 6900 kcal/kg'lık bir kömür baz alındığında, A.B.D. Çevre Koruma Bürosu (EPA)'nın standartlarının karşılanabilmesi için, kömürdeki yanar kükürt miktarının en fazla % 0.84 olması gerekmektedir. Tablo 8.1'de EPA koşullarına

göre, düşük ısıl değerli linyitlerin içerebilecekleri en fazla yanar kükürt oranları verilmiştir.

Tablo 8.1 EPA koşullarına göre, düşük ısıl değerli linyitlerin içerebilecekleri en fazla yanar kükürt oranları (Linyit Sempozyumu, 1994)

1000 kcal/kg'lık bir linyitte	% 0.11 yanar kükürt
1500 kcal/kg'lık bir linyitte	% 0.17 yanar kükürt
2000 kcal/kg'lık bir linyitte	% 0.22 yanar kükürt
3000 kcal/kg'lık bir linyitte	% 0.32 yanar kükürt
4000 kcal/kg'lık bir linyitte	% 0.43 yanar kükürt

2000'li yıllara doğru, linyit kömürlerimizin daha rasyonel ve daha sağlıklı kullanımı için acil önlemlerin alınması gerekmektedir. Toplam linyit rezervinin yalnızca %3.70'inin %1'den az toplam kükürt ve %20'den az kül içerdiği, %15.14'ünün %20'den az neme sahip olduğu ve ancak %7.15'inin 3000 kcal/kg ısıl değer verebildiği bir potansiyelde, linyitlerimizin doğrudan kullanımından bahsetmek oldukça zordur. Sadece havaya verilen SO_x miktarındaki 2.16 kg/10⁶ kcal sınırlama bile linyitlerimizin hiçbirinin temizlenmeden bu koşulu sağlayamayacağını göstermektedir. Yanma öncesi fiziksel kömür yıkama yöntemleri ile sabit karbon miktarı yüksek, daha az küllü ve daha yüksek kalorili kömür elde etmek mümkündür.

Fiziksel kömür yıkama yöntemleri ile kömürdeki piritik kükürdün bir kısmı temizlenebilmekte ise de bir miktar kükürt yine de kalmaktadır. Yanma öncesinde piritik kükürdün daha iyi temizlenebilmesi için fiziksel yöntemlerin dışına çıkılmalı, kömürün tane boyutu küçültülmeli ve yeni yıkama teknolojileri uygulanmalıdır.

İleri kömür yıkama yöntemleri ile kömürlerin kül ve kükürt içeriklerinin çok daha aza indirilmesi mümkündür. Bu işlemlerin ekonomik olabilmesi için doğal olarak yıkama maliyetinin kabul edilebilir bir seviyede olması gerekir. Yıkama maliyeti bir dereceye kadar boyut küçültmeye, kömürün yüzey özelliklerine, kullanılan ekipmanların dayanıklılığına ve istenen kömür kalitesine bağlıdır.

İleri tekniklerin maliyetini en aza indirmek için uygun yol bu tekniklerin konvansiyonel yıkama teknikleri ile beraber kullanılmasıdır. Bu yolla mevcut tesislerin akım şeması daha kompleks hale gelecek ve maliyet artsa bile yıkanan kömürün kaliteside artacaktır.

2000'li yıllarda artan çevre kirliliği nedeniyle konvansiyonel kömür yıkama yöntemleri de yeterli olmayacaktır. Yanma odasında alınacak tedbirlerle çevre sorunlarına daha iyi bir çözüm getirilmelidir. Burada yapılması gereken ise, düşük kaliteli linyitlerimizin yakılmasında Akışkan Yataklı Yakma Teknolojisi kullanımının artırılmasıdır. Çünkü ülkemizde 16 MW'lık akışkan yatak sistemi bulunmasına rağmen, Çin'deki 200 MW ve batıdaki 500 MW'lık tesislerle karşılaştırıldığında bunun çok düşük olduğu açıkça görülmektedir.

Akışkan yatak teknolojisinin kullanılmasıyla hem düşük kaliteli linyitlerimizi değerlendirmiş oluruz, hem de yanma sonrası oluşan çevresel olumsuzlukları minimuma indirmiş oluruz.

Sonuç olarak şunu söyleyebiliriz:Günümüzde enerji ve ekonomi ilişkisinin yanına çevre faktörüde eklenmeli, termik santrallerin planlanmasında ve işletilmesinde enerji-ekonomi-çevre ilişkileri beraber düşünölmeli ve optimum bir nokta belirlenmelidir. Böylece gelecek nesillere de daha temiz bir çevre bırakmış oluruz.

9. KAYNAKLAR

1. Altaş M, Fikret H, Çelebi E, 1994, Türkiye 6. Enerji Kongresi Enerji İstatistikleri Kitapçığı
2. Arıoğlu E, 1995, Hava Kirliliği ve Kömür Gerçeği
3. D.S.İ. Yıllığı, 1995
4. Ekinci E, Atakul H, 1994, Kömür Yakma Sistemleri, 2000'li Yıllara Doğru Linyit Sempozyumumuz Sektörü
5. Erdem, H.H, 1996, Güneydoğu Anadolu Bölgesinin Hidroelektrik Potansiyelinin Etüdü
6. Esin J, 1994, Linyite Dayalı Santrallarda Enerji Üretimi ve Çevre, 2000'li Yıllara Doğru Linyit Sempozyumumuz Sektörü
7. Köse R, Düşük Kaliteli Kömürlerin Değerlendirilmesi ve SO₂ Emisyon Kontrolü, Türkiye 10. Kömür Kongresi, 20-24 Mayıs 1996, Zonguldak
8. Kural O, 1991, Kömür
9. Leonard W.J, 1979, Coal Preperation
10. Osborne D.G, 1988, Coal Preperation on Technology
11. Önal G, 1991, Kömür ve Kömür Teknolojisinin Önemi, Önal G, Ateşok G, Kömür Teknolojisi ve Kullanımı Semineri 16-18 Ekim 1191, TKİ Didim Tesisleri
12. Özbayoğlu G, 1980, Coal Preperation Practice in Turkey
13. Özpeker I, 1993, Türkiye Kömür Politikaları, Önal G, Ateşok G, Kömür Teknolojisi ve Kullanımı Semineri 7-8 Ekim 1193, TKİ Didim Tesisleri
14. Sevilgen S.H, 1996, Termik santrallarda SO₂ ve NO_x Kontrolü
15. Siegel J, 1992, 40 th Robens Coal Sciebce Lecture (Part:1 Mine and Quarry)

ÖZGEÇMİŞ

1973 Çorum ili Alaca ilçesinde doğdu.

1990 Alaca Şehit Nedim Tugaltay Lisesinden mezun oldu.

1990 Yıldız Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümüne kayıt oldu.

1994 Yıldız Teknik Üniversitesi Makina Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümünden mezun oldu ve Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Enerji Makinaları Bilim Dalında Yüksek Lisansa başladı.

1995 Hidromeknik ve Hidrolik Makinalar Anabilim Dalında Araştırma Görevliliğine başladı.

