

# ESKİ KAZANLARA YENİ TEKNOLOJİ: AKIŞKAN YATAKLI YAKICILARIN ADAPTASYONU

**Doç. Dr. Hüseyin VURAL**

*Denizli Lisesinden mezun olduktan sonra (1969), mühendislik ve yüksek lisans derecelerini İTÜ (1973) ve Boğaziçi Üniversitesi'nden (1976) aldı. Doktorasını Rutgers University (ABD)'de tamamladıktan sonra TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezinde çalıştı. 1985-87 yılları arasında MİT (ABD)'de doktora sonrası araştırmaları yaptı. 1987'den beri ODTÜ Makina Mühendisliği Bölümünde, 1991'den itibaren de yarı zamanlı olarak TÜBİTAK-SAGE'de çalışmaktadır*

## **Özet:**

Akışkan Yatakta Yakma Teknolojisi (AYYT) 'nin ilk uygulamalarında eski kazanlar kullanılmıştır. Öte taraftan yaşanan termik santrallerin ekonomik ömrünü tamamlamasıyla AYYT'nin ilk uygulamaları gündeme gelmiş ve örnek santrallerde bu çevrimler gerçekleştirilmiştir.

Sunulan yazıda ülkemiz açısından konunun önemi ve çevrim çalışmalarındaki ana harcamalar vurgulanmaktadır.

## **I. AKIŞKAN YATAKTA YAKMA TEKNOLOJİSİ:**

### **A- TANITIM**

Akışkan yatağın katı-gaz veya katı-sıvı -gaz karışımlarından meydana gelmesine rağmen akışkan özelliklerine sahip olduğunu öncelikle belirtmekte yarar vardır. Akışkan yatak teknolojisi (AYT) kimya sanayiinde eskiden beri kullanılmakta olmasına rağmen kömür yakıcısı olarak ortaya çıkışı 1970'li yılların sonlarına rastlar. İlk büyük ölçekte akışkan yalak, kömür gazlaştırması amacıyla Winkler tarafından 1922'de gerçekleştirilmiştir.

II. Dünya Savaşı sırasında da, Lewis ve Gilliland tarafından paralel olarak çalışan iki akışkan yatak, yüksek oktanlı petrol elde edilmesi amacıyla kullanılmıştır. Günümüzde de söz konusu yöntem yaygın olup, akışkan taneciklerin sınıflandırması gibi birçok amaca yönelik AYT kendini göstermektedir.

Zenz 1978 de AYT'nin kullanıldığı 100'den fazla alanı not etmiştir ve akışkanlaşmanın endüstrinin hemen her dalına giren temel işlemlerden biri olduğunu vurgulamıştır.

Kömür ekonomik ve alternatif bir yakıt olarak petrolün karsısına çıkarılmasına rağmen,

a) katı formu (taşıma, depolama, yanma) ve

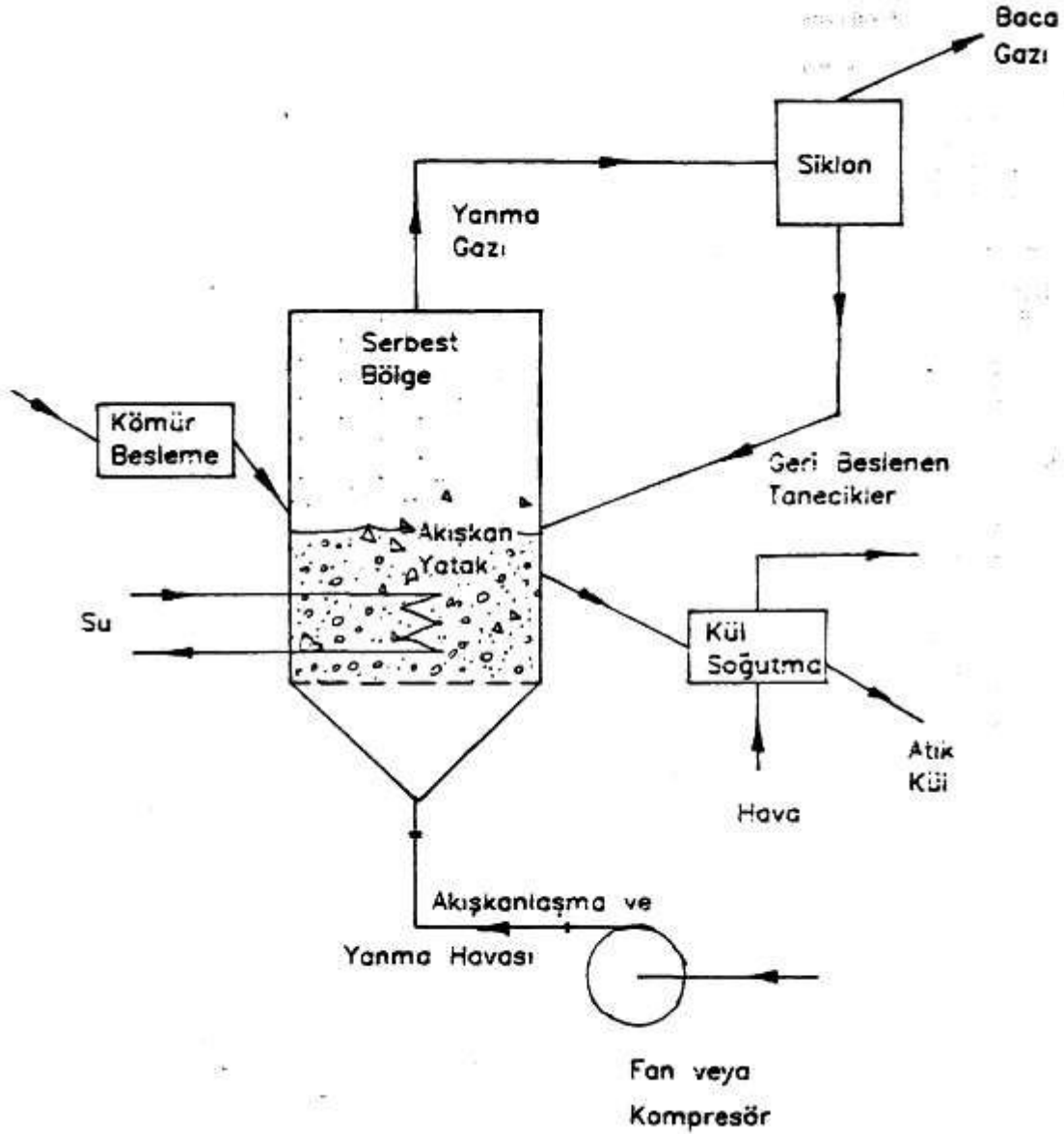
b) Çevre kirliliği (gaz ve katı atıklar) nedeniyle kullanımı sınırlıdır.

Hava kirliliği artık ulusal bir problem olmaktan çıkmış, ülkelerin ortak önlemler alması gereğini ortaya koymuştur. Örneğin, bir yılda atmosfere serbest bırakılan kükürt dioksit miktarının 2000 yılında yalnız ABD'de 100 milyon tona ulaşacağı tahmin edilmektedir.

Hava akımları sayesinde kirlenici gazlar bir ülkeden diğerlerine taşınmaktadır. İsviçre'deki kükürt dioksit birikiminin %88'inin "ithal malı" olduğu ileri sürülmektedir. Bu rakam Norveç için %84, Avusturya için %82 gibi yüksek oranlardan bir ada devleti olan İngiltere için %8'e kadar düşmektedir.

Çevre kirliliğinin geleceğimizi tehdit eden en büyük sorun olacağı öngörüldüğü içindir ki, ülkeler ortaklaşa kirlenici gaz konsantrasyon üst sınırlarını tespit etmektedirler. Dolayısıyla kömürü veya başka düşük kaliteli yakıtı yakarken ve yaktıktan sonra (hatta yakmadan önce) havayı, suyu ve toprağı kirlenmeyecek önlemlerin alınması gerekir. Düşük kaliteli yakıtı, (yüksek kül ve nem içerikli yüksek kükürt oranına sahip olması da bu tanıma dahil edilebilir) yakıldığında az ısı veren yakıt olarak tanımlayabiliriz.

Hava kirliliğine neden olan gazların kazanı bir kere terk ettikten sonra baca gazları içindeki konsantrasyonlarının düşürülmesi genellikle çok pahalıya mal olmaktadır. Örneğin kükürt dioksiti tutabilmek için geliştirilen 'scrubber'ların maliyeti, yakılan kömür ve yürürlükteki standartlara bağımlı olarak, termik santral toplam maliyetinin %40'ına kadar ulaşmaktadır. Bu pahalı yatırım kömürün cazibesini ortadan kaldırmaktadır.



Şekil 1: Akışkan Yataklı Sistem Şeması

Akışkan yatakta yakma teknolojisi (AYYT) ile içinde yanma sonucu ortaya çıkan SO<sub>2</sub>'nin gene kazan içinde tutulması mümkün olabilmektedir. Böylece AYYT yüksek kükürt içerikli kömürlerin yakılmasını bile geciktirmektedir. Teknolojinin avantaj ve dezavantajları özetlemek yararlı olacaktır.

## B- AKIŞKAN YATAKTA YAKMA TEKNOLOJİSİNİN AVANTAJ VE DEZAVANTAJLARI

### B.1. Avantajlar

- tanecikler yatak içerisinde homojen bir dağılım gösterirler, yani akışkan yatağın karışma özellikleri mükemmeldir.
- Yukarıdaki özelliğin uzantısında sıcaklık dağılımı da üniforma yakındır. Akışkan yataklı yakıcı (AYY) izotermal bir reaktör olarak kabul edilebilir.
- Kazandaki sıcaklık alışılmış yakıcılara nazaran düşüktür.
- Düşük yatak sıcaklığının sonucu, kazan içerisinde NO<sub>x</sub> oluşumu azdır.
- Gene düşük sıcaklık nedeniyle kül ergimesi olmaz.

f) Korozyon ve benzeri problemler de azalır.

g) Kireçtaşı ilavesiyle kükürt oksitlerin yatak içerisinde tutulması mümkündür. Böylece pahalı "scrubber" sistemlerine gerek kalmamaktadır.

h) Yatak içerisinde ısı transferi katsayıları çok yüksektir. Alışılmış yakma sistemlerinin ısı transferi katsayıları ile AYY ısı transferi katsayısı arasında merteye farkı vardır. Bunun neticesi olarak ısı transferi boru yüzey alanları ve dolayısıyla kazanın kendisi pülverize kömür yakan sistemlere nazaran küçüktür. Bu da bir önceki avantajla birlikte ilk yatırım maliyetinin azalmasını sağlamaktadır.

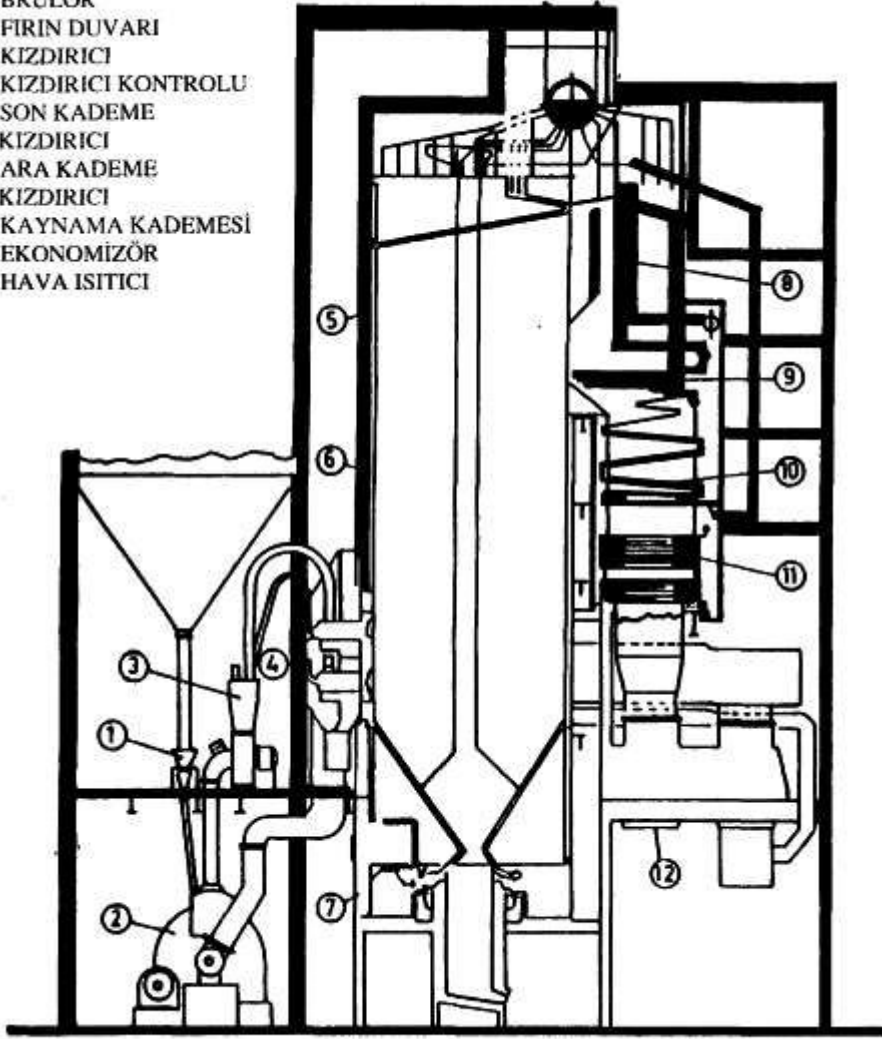
i) Atmosferik akışkan yataklı yakıcılarda (AAYY) serbest bırakılan ısı 3 MW/m<sup>2</sup>ye kadar varmaktadır.

j) Çok düşük kaliteli yakıtlar ve çöpler (yüksek kül, kükürt ve nem içerikli, düşük ısı değerli ) AYY'da başarı ile çevre kirlenmesine neden olmayacak biçimde yakılabilir. Düşük kaliteli yakıtlar ucuz olduğu için AAYY'da ekonomiktirler.

k) Kömür tanecik çaplarınının pülverize kömür yakıcılarına nazaran büyük olması kömür hazırlama tesislerinin maliyetini düşürür.

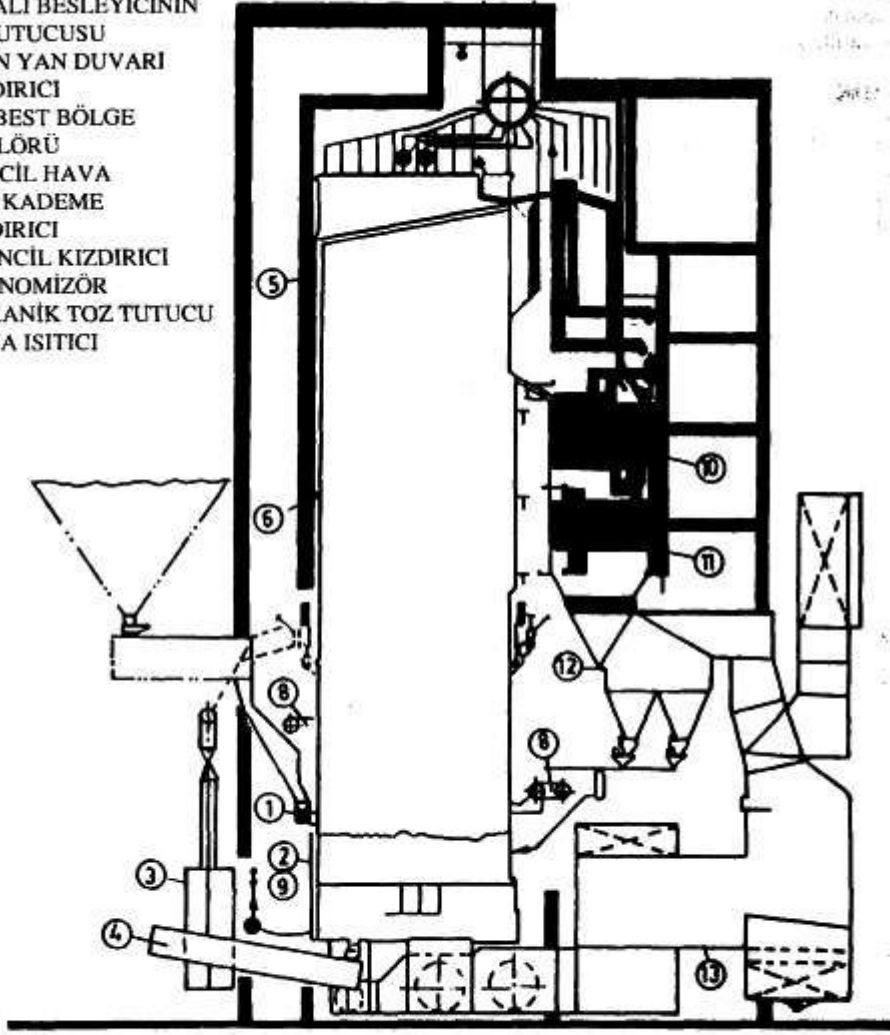
1) Yanma verimi pülverize sistemlerinkine oldukça yakındır.

- 1 - BESLEYİCİ
- 2 - KIRICI
- 3 - BASINÇ DÜŞÜRÜCÜ
- 4 - BRÜLÖR
- 5 - FIRIN DUVARI
- 6 - KIZDIRICI
- 7 - KIZDIRICI KONTROLU
- 8 - SON KADEME KIZDIRICI
- 9 - ARA KADEME KIZDIRICI
- 10 - KAYNAMA KADEMESİ
- 11 - EKONOMİZÖR
- 12 - HAVA ISITICI



ORJİNAL PÜLVERİZE KÖMÜR YAKAN SİSTEM

- 1 - YAYICI BESLEYİCİ
- 2 - YATAK İÇİ BORULAR
- 3 - POMPA
- 4 - VİDALI BESLEYİCİNİN SOĞUTUCUSU
- 5 - FIRIN YAN DUVARI
- 6 - KIZDIRICI
- 7 - SERBEST BÖLGE BRÜLÖRÜ
- 8 - İKİNCİL HAVA
- 9 - SON KADEME KIZDIRICI
- 10 - BİRİNCİL KIZDIRICI
- 11 - EKONOMİZÖR
- 12 - MEKANİK TOZ TUTUCU
- 13 - HAVA ISITICI



AKIŞKAN YATAĞA UYARLANMIŞ SİSTEM  
(45 MWe ARTIŞ SAĞLANAN)

Şekil 2. Akışkan yataklı sisteme çevrilmiş boilerin adaptasyon önceki ve sonraki şeması

## B.2. Dezavantajlar

- a) AYY içinde ve dağıtıcı elekdeki basınç düşümü nedeniyle üretilen elektriğin veya buna eşdeğer ısı enerjisinin %3-4 'ü kadarı üfleçler için gerekmektedir.
- b) Kabarcıklar bir ölçüde karışmayı arttırmalarına karşılık reaksiyona girmeden yatağı terk edebilmektedirler. Bu da daha yüksek hava fazlalık katsayısı ile AYY'nın çalıştırılmasını gerektirmektedir. Eğer dağıtıcı elek tasarımında hata yapılmışsa kabarcık çapı çok büyümekte, hatta AYY'nın çapma ulaşmaktadır. Bunun da çeşitli sakıncaları vardır.
- c) AYY içindeki ısı iletim yüzeyleri ile aktif yatağın hemen üzerindeki bölgede yer alan yatay geçişli boruları erozyondan etkilenmektedirler.
- d) Yüksek gaz geçiş hızları nedeniyle taneciklerin sürüklenmesi yanma verimini azaltabilmektedir.
- e) Tanecikler sıcak ortamda ufanarak tozlar yaratmaktadır. Bu yatak içerisindeki ortalama tanecik çapının değişmesine yol açmaktadır. Yanma verimi de bu tür açımdan etkilenmektedir. Bu nedenle yüksek verimli ve

seri biçimde yer alan filtre ve siklonlara gereksinme duyulmaktadır.

f) Akışkan yataklarda küçük ölçeğe doğru tasarım yapmak veya soğuk yataktaki neticeleri sıcak reaktör için kullanmak sakıncalı sonuçlar doğurabilmektedir.

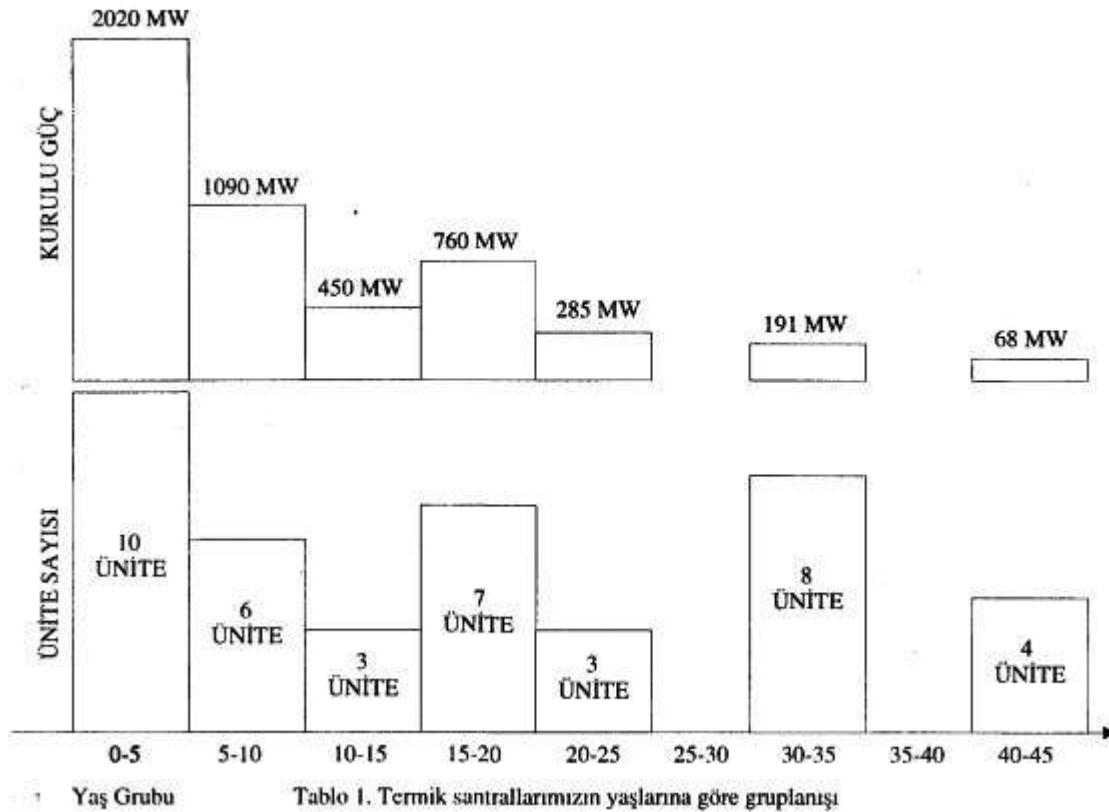
g) Yük kontrolü kısıtlı ölçülerde sağlanabilmektedir.

## II. TERMİK SANTRALLARIMIZ:

TEK tarafından işletilen yaklaşık 7500 MW kurulu güçlü termik santralların %70'inde ana yakıt linyittir. Ülkemiz linyit kaynaklarının çoğu sanayi ve teshine dağıtmaya uygun bulunmadığından termik santrallar-da değerlendirilmesi yönüne gidilmiştir.

Yakın ve orta gelecekte de linyit yakan yeni santrallara gereksinim olacaktır. Nitekim plan aşamasında olan santrallar mevcuttur. Ancak ülkemiz linyitlerinin taşıdığı sorunlar ithal kömüre dayalı üniteleri gündeme getirmiştir.

Linyitlerimiz genelde fazla nem, kül ve kükürt içermektedir. Fazla kükürtlü kömürlerin çevre etkisini azaltabilmek için mevcut veya yeni santrallara ya baca gazı temizleyicilerinin ilavesi veya akışkan yataklı yakma teknolojisinin uygulanması gerekmektedir. Diğer bir sorun ise nem ve kül oranları yüksek, ısı değerleri düşük ve özellikleri değişken linyitlerin mevcut tesislerde yüksek verim elde edecek şekilde başarıyla yakılabilmeleri. TEK santrallarının bazıları oldukça uzun senelerdir devrededir.



Tablo 1'den görüleceği gibi 30 yaş üstünde, toplam kurulu gücü 259 MW olan 12 santral vardır. Özellikle bu santralların üniteleri bazında bir inceleme yaparak işletme koşullarının şu anda bilinenlerden daha detaylı olarak ortaya çıkarılmasında büyük yarar vardır.

Ayrıca fuel-oil 'le üretim yapan termik santrallarımızın yakıt maliyeti ekonomiklik sınırlarını zorlayacağı için adaptasyon programında ele alınmalıdır. Bu santrallarımız için aşağıdaki özellikler belirtilmektedir.

Ortalama yaş : 20.5

Ünite sayısı : 7

Toplam kurulu güç : 680 MW

Eldeki sınırlı bilgiler ile yapılan hesaplar bile sistem verimlerinde beklenin üzerinde dalgalanmaları ve yıllar itibarıyla genel bir düşüşü ortaya koymaktadır. Örneğin; Tunçbilek termik santrali verimi tasarımıda (5 ünite ortalaması) %35.47 iken 1956-1988 yılları içinde en yüksek %31.36 (1972) ve son yıllarda ancak %30.08 (1988) olarak rapor edilmiştir

Ayrıca sisteme verilen yakıt miktarı, ısı değeri ve iç tüketim arasında da olumsuz ilişkiler gözlenmektedir. İlk değerlendirme sonuçlarına göre iç tüketim çok yüksek bulunmuştur. Örneğin Tunçbilek için 1988'de iç tüketim brüt üretimin % 12.45'i . Bu doğal olarak net verimin aynı oranda azalması demektir, (brüt verim =%34.36, Net verim = 30.08)

Çevre kirliliği açısından yapılan maliyet hesaplarında çeşitli yöntemler izlenebilir. Gerek milli ve gerekse uluslararası yasaların zorlaması ile tarım ve orman alanlarına verilen zararın maddi karşılığı objektif olarak hesaplanabilir. Ancak kısa dönemde insan sağlığına yönelik etkinin sonuçlarını görmek mümkün olmadığı için zararın maliyetini hesaplamak oldukça izafi kriterlere bağlıdır. Bunun uzantısında ekonomikliği tespit etmek her zaman tartışmaya açıktır. Ancak kömürlü termik santrallerimizle ilgili kurulu güç temel alınarak yakılan çeşitli kömürlerin kükürt içeriği %1.86 olarak bulunabilir. 1989 üretim değerleri esas alındığında aşağıdaki değerler bulunur:

Buharlı Santrallerimizde Üretilen Enerji

(Brüt) MWh) : 19 314 234

Tüketilen Yakıt (ton) : 28 496 494

Ortalama Verim (%) : 30

Yakılan Kömürdeki Ortalama Kükürt \*(%) : 1.86

Yanma Sonucu Toplam Ortaya Çıkan SO<sub>2</sub>\*(ton) : 975 000

1 MWh başına ortaya çıkan SO<sub>2</sub>\*(kg) :51,5

*\*Analizde verilen kükürtün yanıcı kükürt olduğu kabul edilmiştir.*

### **III. TEKNOLOJİ ADAPTASYONUNUN GETİRECEĞİ FAYDALAR:**

Yaşlanan termik santrallerin akışkan yakma teknolojisine adaptasyonundan aşağıdaki faydalar beklenmektedir:

1. Ünitelerin ekonomik ömrü en az 25 yıl daha uzamış olacaktır.
2. Eski teknolojiye nazaran elektrik üretiminde % 35 mertebesinde bir artış olacaktır.
3. FGD tesislerine gerek kalmadan emisyon limitlerine uyulabilecektir.
4. Santralin birim alan başına enerji üretiminde artış olacaktır.
5. Çeşit yakıtları aynı ünite içinde yakmak mümkün olacaktır.

Ayrıca yukarıda akışkan yatakta yakma teknolojisi ile ilgili sayılan avantajlar burada tek tek sayılabilir.

Mevcut santrallerin AYYT'e adaptasyon maliyetlerinin ekonomikliği oldukça açıktır. Adaptasyon çalışmalarının artık devre dışı kalmayı bekleyen santraller için önerildiği düşünülürse yapılan yatırımla yeni bir-santral kazanılmaktadır. Halbuki sırf kükürt dioksit giderme (FGD) tesislerinin maliyeti AYYT adaptasyon maliyetine oldukça yakındır.

Verilen rakamlar kükürt miktarının artışına bağlı olarak AYYT lehine değiştiği göz önüne alınırsa ortalama olarak aşağıdaki karşılaştırma yapılabilir.

AYYT adaptasyon yatırım maliyeti : 600 Amerikan Doları/kW

FDG tesis yatırım Maliyeti : 450 Amerikan Doları/kW yukarıda belirtildiği gibi sadece;

a) Santralin yenilenmesi ve

b) Kapasite artışının sağlanması

arasındaki farkı fazlasıyla AYYT adaptasyonu lehine çevirmektedir.

### **IV. TEKNOLOJİK ADAPTASYON:**

Pülverize kömür yakan bir sistemden akışkan yataklı yakıcıya sahip sisteme geçilebilmesi için gerekli teknolojik değişiklikler ve bunların maliyetleri aşağıda verilmiştir. Akışkan yataklı yakıcıların adaptasyonunda:

a) Yeni Yapılacak Olanlar : santral içi dahili kömür taşıma, akışkan yatağa kömür besleme sistemi, kızdırıcılar, siklon sistemi, kireçtaşı depolama ve besleme sistemi.

b) Var Olan Sistemde Modifikasyon : Yanma odası, ekonomizör, çelik konstrüksiyon, baca gazı hattı.

c) Aynen Muhafaza Edilecek: Sahadaki kömür taşıma sistemi,

d) Tamamıyla Kaldırılacak : Pülverize ediciler

e) Kısmen Değerlendirilecek : Hava ısıtıcısı ve kontrol sistemi.

180 MW elektrik üretim kapasitesine sahip pülverize kömür yakan santralin akışkan yataklı sisteme dönüştürülmesi için 1986 rakamlarıyla ve %20 toleransla yapılması gerekli yatırım miktarı milyon dolar olarak:

Kömür Dağıtımı : 66

Kömür Besleme : 0.9

Tutuşturma Sistemi : 1.1

Basınçlı Parçalar : 7.0

Geri besleme : 4.0

Kül : 0.9

Kontrol : 4.0

Hava Besleme : 5.0

Yapısal : 0.15

Toplam yatırım tutarı 30 milyon dolar mertebesindedir. Elektrik üretim kapasitesinin %30 kadar arttırılması için gerekli yatırım ilave edilirse yatırım tutarı 80 milyon doları bulmaktadır. Dolayısıyla yukarıda verilen 600 Dolar /kW rakamı yaklaşık olarak doğrudur. Kömürdeki kükürt miktarının artışı yatırımı bir parça daha arttırabilecektir.

## **V. SONUÇ:**

Çeşitli nedenlerle (tarım, turizm, kamuoyu bilinçlenmesi, Avrupa Topluluğu'nun sınırlamaları v.s.) linyitlerimizden enerji üretmemiz yeni teknolojilerle mümkün olabilecektir.

Yaşlanan santrallarımıza FGD tesis yatırımı veya zaman içinde devre dışı kalması öngörülebilecektir. Öte taraftan bu santralların geri kazanılması AYYT ile hem çevreyi kirletmeyecek, hem kapasite artışını sağlayacak, hem de ekonomiklik sınırları içinde kalacak şekilde mümkünleşebilir.