

DÜŞÜK KALİTELİ LİNYİTLERİN ULTRA SÜPER KRİTİK KAZANLARDA YAKIT OLARAK KULLANILMASI

Oğuzhan ERBAŞ*, Murad A. RAHİM**

* Dumlupınar Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, KÜTAHYA

** Gazi Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Ankara
oerbas@dpu.edu.tr, mrahim@gazi.edu.tr

Geliş Tarihi: 25.06.2008 Kabul Tarihi: 06.10.2008

ÖZET

Fosil yakıtların gün geçtikçe tükenmesine bağlı olarak ortaya çıkan enerji krizi ve CO₂'in başını çektiği sera gazlarının artışı sonucu oluşan küresel ısınma olgusu yeni ve temiz enerji teknolojilerinin araştırılması ve uygulanması zorunluluğunu ortaya koymuştur. Kalitesi çok düşük olan ülkemiz linyitlerinin değerlendirilmesi için de gerekli olan bu teknolojilerin başında ultra süper kritik kazan teknolojisi gelmektedir. Bu çalışmada Elbistan linyiti esas alınarak ultra süper kritik bir termik santral kazanı tasarımı ve optimizasyonu ele alınmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Linyit, Ultra Süper Kritik Kazan Teknolojisi, Küresel Isınma*

LOW QUALITY LIGNITES USES AS FUEL IN ULTRA SUPER CRITICAL BOILERS

ABSTRACT

Energy crisis that is revealed by being exhausted of fossil fuels and the fact of global warming up by increasing of CO₂ that is the leading greenhouse gas has exposed the compulsory of research and application of new and clean energy technologies. Ultra super critical technology is the leading technology for this purpose and also utilizing Turkish lignite's of pure quality.

Key Words: *Lignite, Ultra Super Critical Boiler Technology, Global Warming*

1. GİRİŞ

Petrol ve doğalgazın tükenmesine endeksli kritik enerji dönemi ile arkasındaki başlıca sorun, enerji güvenliğinin ve fiyatlar yönünden küresel ekonominin sürdürülebilirliğinin güvence altına alınmasıdır. Kalitesi gittikçe azalan kömürlerin bu küresel işlevi yerine getirebilmesi için temiz ve verimli uygulama koşullarının, teknolojilerinin geliştirilmesi gerekir. Tüm ekonomik sektörlerin çeşitli tür ve özellikteki enerji gereksinimlerinin karşılanmasına yönelik küresel kömür Ar-Ge çalışmaları yapılmaktadır. Bu teknolojiler temiz kömür teknolojileri adı altında anılmaktadır. Bu bağlamda kömürün baca gazı arıtma sistemleri ile temiz yakılması, akışkan yatakta yakılması, kömürün gazlaştırılması, kombine çevrim ve bileşik ısı güç santralleri uygulaması, hidrojen eldesi v.b. bir çok Ar-Ge çalışmaları yoğun ve paralel biçimde sürdürülmektedir. Fosil yakıtların gün geçtikçe tükenmesine bağlı olarak ortaya çıkan enerji krizi ve CO₂'in başını çektiği sera gazlarının artışı sonucu oluşan küresel ısınma olgusu yeni ve temiz enerji teknolojilerinin araştırılması ve uygulanması zorunluluğunu ortaya koymuştur.

Temiz enerji teknolojileri içerisinde doğrudan, yoğun elektrik üretimine yönelik olarak öne çıkan başlıca teknoloji sıfır emisyon termik santral teknolojisidir. Bu uygulamada kazan olarak ultra süper kritik kazan uygulandığından bu teknoloji, sıfır emisyon ultra süper kritik kazan teknolojisi olarak da anılmaktadır. Bu

teknolojinin başlıca özelliği hava yerine doğrudan oksijenle kömürün yakılmasıdır. Bu durumda, üretilen elektriğin % 20'si havadan oksijen eldesine kullanılmaktadır. Bu durumda kazan boyutları hava yakmalı sistemlere kıyasla 1/5 oranında azalmakta, yanma odası sıcaklığı 3000°C ve üzerine çıktığından özgün yanma odası soğutma uygulamaları gerekmektedir.

Yanma gazı içeriği CO₂, H₂O, SO₂, NO ve külden oluşmakta, CO₂, SO₂, NO'nun toplam yanma gazı içindeki kısmi basınçları hava yakmalıya kıyasla yoğun biçimde artarak bu emisyonların, kısmi baca gazı soğutma ve 30 barlara varan baca gazı sıkıştırma işlemleri ile yoğunlaştırılabilir hale getirilmesi mümkün olmaktadır. Böylelikle CO₂, H₂O, SO₂, NO ve toz baca gazı arıtma tesisleri uygulanmasına gerek kalmamaktadır. Yoğuşturulan ve basınçlandırılan baca gazı, uygun yer altı derinliklerine enjekte edilerek çevreye herhangi bir emisyon yayımı söz konusu olmamaktadır. Bu nedenle bu tür uygulamalar, sıfır emisyon teknolojileri olarak ta isimlendirilmektedir. Bu çalışmada Elbistan linyiti esas alınarak ultra süper kritik bir termik santral kazanı tasarımı ve optimizasyonu ele alınmıştır.

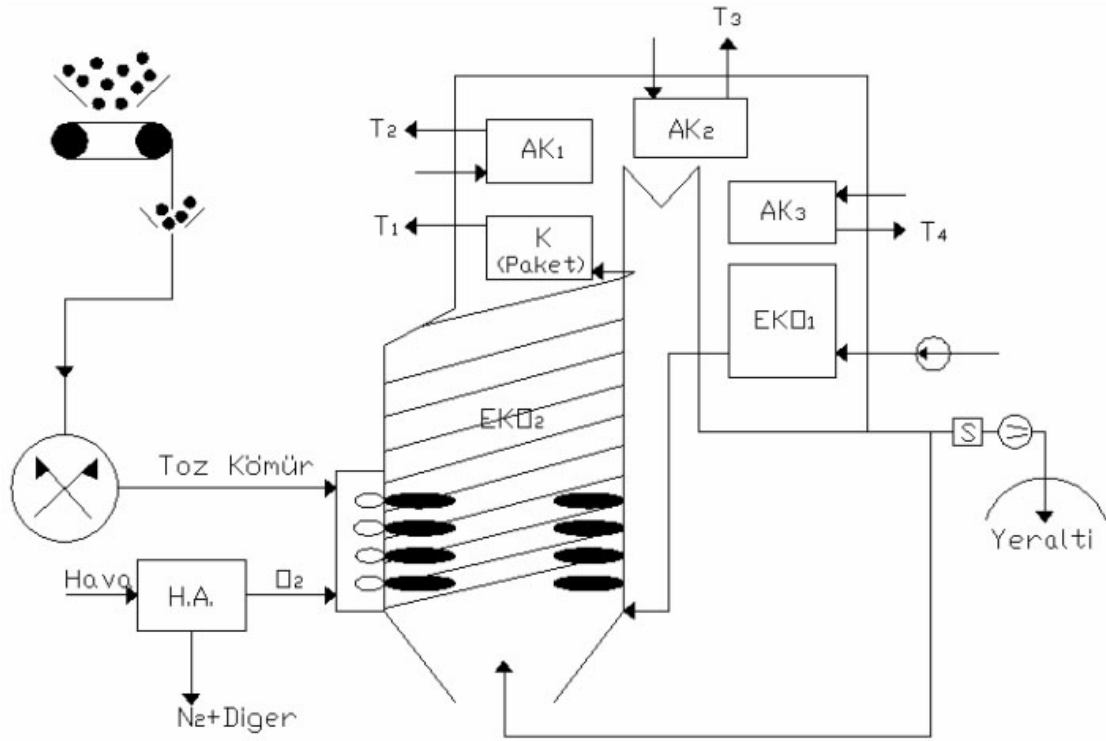
2. ULTRA SÜPER KRİTİK KAZAN

Ultra süper kritik kazan teknolojileri geleceğin teknolojileri olarak karşımıza çıkmaktadır. Zira, bu teknolojiye amaç, buhar parametrelerini kritik değerlerin üzerine çıkarmaktır. Bu değerler; $P_{kritik} = 221.2$ bar, $T_{kritik} = 374.15$ °C'dir. Bu amaçla, buhar parametrelerini yükseltmek için uygulanabilecek yöntemlerden birisi yanmayı oksijenle yapmak ve zorlanmış geçişli kazanlar (Benson Kazanları) kullanmaktır [3]. Şekil 1'de oksijenle yakmalı bir kazan gösterilmiştir.

Kazanda bir buharlaştırıcı yoktur. Çünkü buharlaşma, sıvı-gaz bölgesine uğramadan direk olarak gerçekleşmektedir. Kazanda 2 adet ekonomizer kullanılmıştır. Ekonomizerlerden bir tanesi yanma odasına yerleştirilmiştir. Buradaki amaç, kızdırıcıların yerleştirilmesi durumundaki kavrulmayı önlemektir. Kazanda 3 ara kızdırma yapılmıştır ve bunlar türbinlerden çıkan buharın sıcaklık ve basıncına yeniden yükseltmek için kullanılırlar. Oksijenle yanma sonucunda oluşan çok yüksek sıcaklıklar yanma odasının soğutulması gerekliliğini ortaya çıkarmıştır. Bunun için yanma sırasında oluşan CO₂ kazana geri beslenir. Böylelikle bir CO₂ döngüsü oluşmuş olur. Bunun dışında kömür kurutmadan gelen yanma gazları ve kazana verilen buhar da yanma odası sıcaklığını düşürücü etki yapar.

2.1. Oksijenle Yakmalı Kazanların Çalışma Prensibi

Günümüz teknolojisinde kullanılan pulverize kömür yakmalı kazanlar yakma için hava kullanırlar. Havanın içindeki azot oranı yaklaşık olarak toplam hacmin % 79'u kadardır. Bu oran yanma gazlarındaki CO₂ oranını azaltıcı etki yapar. Hava ile yakma işleminde CO₂'i tutmak çok maliyetlidir. Oksijenle yakma işleminde ise oksijen saflığı genellikle % 95 mertebesindedir ve geri beslenen yanma gazları yanma odasının sıcaklığını düşürmek için kullanılırlar. Geri beslenen yanma gazları ayrıştırmadan önce esas olarak CO₂ ve su içerir. Bu gazlar alev sıcaklığını kontrol altında tutmak ve kayıp azot hacminin yerini ikame etmek amacıyla kullanılırlar. Bu hacim kaybının önlenmesi kazana olan ısı transfer oranını artırmak açısından çok önemlidir [4].



Şekil 1. Oksijen yakmalı sıfır emisyonlu zorlanmış geçişli kazan akım ve bağlantı şeması Oksijenle yakmada;

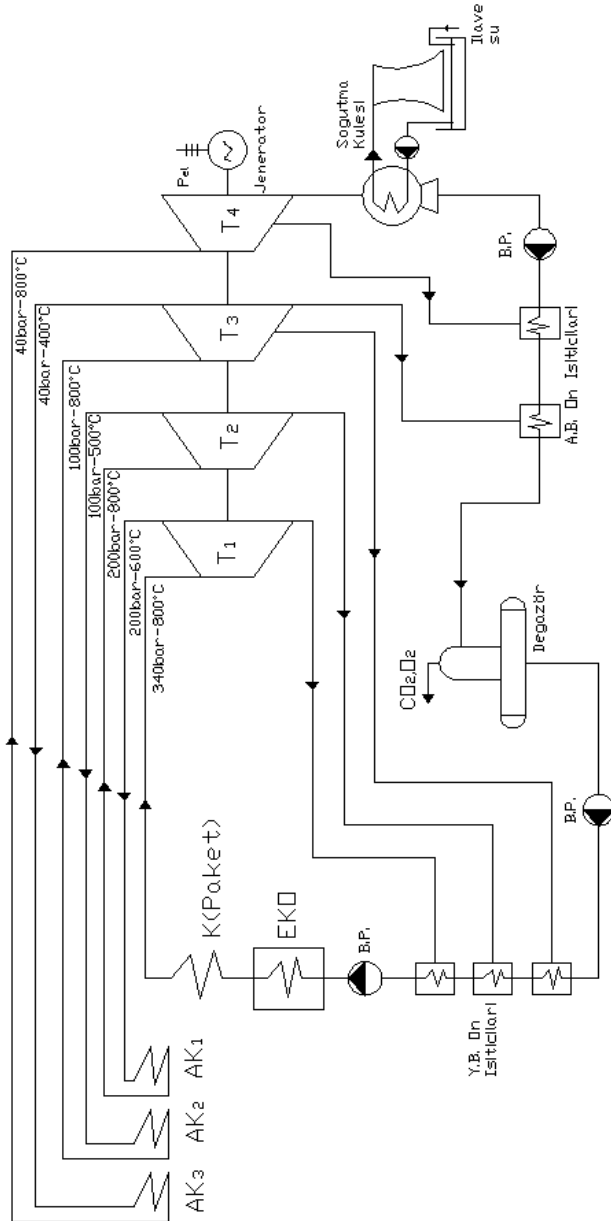
- Adyabatik alev sıcaklığına ulaşmak için yakıcıya giden oksijen oranı daha yüksektir. Bu oran tipik olarak % 30 civarındadır. Hava ile yakmada ise bu oran % 21'dir. Bu durum % 60 kadar bir değerde yakma gazının geri döngüye sokulmasını gerektirir.
- Yanma odasındaki CO₂ ve suyun yüksek oranları yüksek gaz emisivitelere neden olur ve bu yüzden benzer radyasyonla ısı transferi oranları brülöre % 30'dan daha az oksijen gitmesi durumunda dahi yakalanabilir.
- Yanma odasına giden gaz hacmi biraz azaltılırsa geri döngüden sonraki gaz oranı % 80 oranında azalır.
- Yanma gazlarının yoğunluğu artar. Çünkü CO₂'in molekül ağırlığı 44 kg/kmol, azotun ki ise 28 kg/kmol'dür.
- Tipik olarak hava yakmalı sistemlerde % 20 fazla hava kullanılır. Oksijenle yakma sistemleri % 3-5 oranında fazla hava gerektirir. Bu oran birim kömür miktarı için, stokiyometrik yanma için gerekenden ne kadar fazla oksijenin sisteme girdiğini belirtir.
- Uygun işlemler uygulanmadan önce döngü gazındaki korozyona neden olan kükürt gazları hava yakma sistemine göre daha fazladır.
- Oksijenli yakma sisteminin verimi birçok birimin etkili çalışmasına bağlıdır. Bu birimlerin çoğunun kullanılmasına geleneksel termik santrallerde gerek yoktur. Örneğin atık gazların sıkıştırılması işlemi verim yönünden büyük bir düşüşe sebebiyet verir. Bu yüzden verim bu santrallerde daha düşüktür. Buna karşılık, uygun değerlerle yapılan bir sıkıştırma işlemiyle gereken enerjinin düşürülmesi ve atık gazın sisteme geri beslenmesi işleminin başarısının yükseltilmesi, verim artırmak için birincil bir öneme sahiptir [4,5].

Oksijen, hava ayrıştırma ünitesi ile ayrıştırılır ve açığa çıkan azot atılır. Daha sonra elde edilen oksijen, yanma gazlarından geri beslenen akım ile karıştırılır. Bu karışımla kömür yakılır ve açığa çıkan gazların bir kısmı tekrar döngüye katılır. Ancak burada çok önemli bir nokta vardır ki bu da döngü gazındaki suyun yoğunlaştırılmasıdır. Bu yüksek saflıkta süperkritik CO₂ elde etmek için çok önemlidir.

Oksijenle yakmalı ve CO₂ tutmalı sistem yaklaşık olarak sıfır emisyonlu bir teknolojidir ve pulverize yakma sistemlerine adapte edilebilir. Oksijenle yakma sistemlerinde yanma gazındaki kütleli CO₂ miktarı % 17'den %

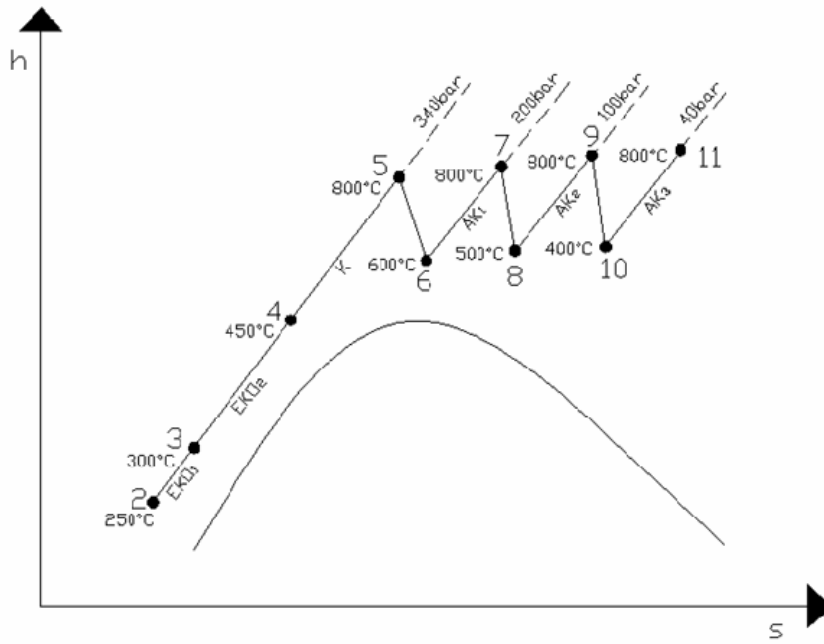
Tablo 1. Enerji-Yanma Denklemleri

Minimum oksijen gereksinimi	$O_{2\min} = 1.87C + 5.6(H - O/8) + 0.7S$
Teorik kuru yanma gazı hesabı	$V_{G-Kr,th} = 1.87C + 0.7S$
Yanma gazındaki su miktarı	$V_{H_2O} = 1.24 \times (W - W_{kurutma} + 9H)$
Giren oksijen miktarı	$V_{O_2} = n \times V_{O_{2,th}}$
Yaş yanma gazı miktarı	$V_{G-Y} = V_{G-Y,th} + (n - 1) \times V_{O_{2,th}}$
Kuru yanma gazı miktarı	$V_{G-Kr} = V_{G-Kr,th} + (n - 1) \times V_{O_{2,th}}$
Baca kaybı hesabı	$K_B = \frac{V_{G-Y} \times Cp_{G-Y} \times (t_B - t_{KD})}{H_U}$
Kazan verimi	$\eta_K = 100 - (K_B + K_Y + K_J + K_{KK})$
Kazanın toplam ısı enerjisi	$Q_K = Q_{EKO1} + Q_{EKO2} + Q_{KIZ} + Q_{AK1} + Q_{AK2} + Q_{AK3}$
Yakıt tüketimi	$M_Y = \frac{Q_K}{H_U \times \eta_K}$
Santralin elektrik üretimi	$P_{el} = M_Y \times H_U \times \eta_{IGS}$
Adyabatik alev sıcaklığı	$t_{ad} = \frac{H_U}{V_{G-Y} \times Cp_{G-Y}}$
Yanma odası sıcaklığı	$t_{YO} = \frac{H_U + (X_{kurutma} \times V_{G-Y} \times Cp \times t_{kurutma}) + (X_{GB} \times V_{G-Y} \times Cp \times t_{GB})}{Cp \times (1 + X_{kurutma} + X_{GB}) \times V_{G-Y}}$
Kızdırıcı çıkış sıcaklığı	$t_{KIZ-\zeta} = t_{EKO2-\zeta} - \frac{Q_{KIZ}}{(1 + X_{GB}) \times V_{G-Y} \times Cp \times M_Y}$

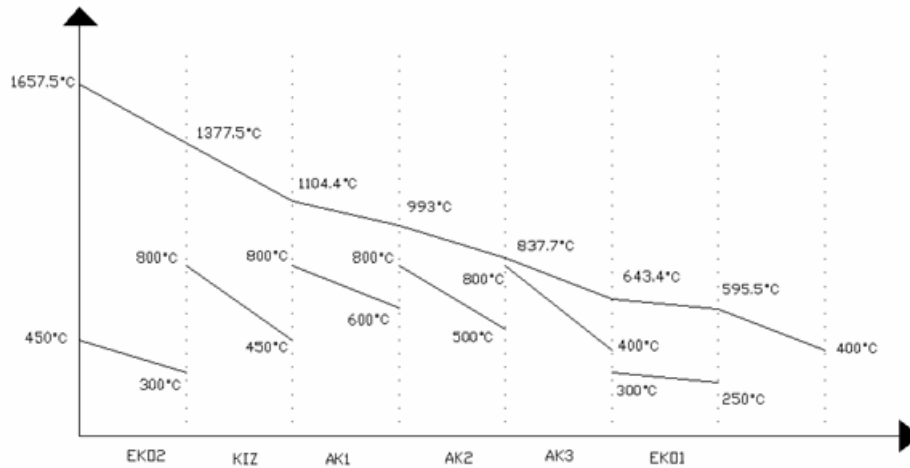


	Değerler	Birimler
H_o	1600	kcal/kg
H_u	1050	kcal/kg
O_{2min}	0.34	Nm^3-O_2/kg
V_{H_2O}	0.2945	$Nm^3/kg-K$
$V_{O_2,th}$	0.34	$Nm^3/kg-K$
$V_{G,th-Y}$	0.4875	$Nm^3/kg-K$
$V_{G,th-Kr}$	0.212	$Nm^3/kg-K$
V_{O_2}	0.3142	$Nm^3/kg-K$
V_{GY}	0.4857	$Nm^3/kg-K$
V_{GKr}	0.2262	$Nm^3/kg-K$
V_{O_2}	381876	Nm^3/h
V_{GY}	586258	Nm^3/h
P_{H_2O}	0.57387	atm
K_B	7.41587	%
Q_{EKO1}	56950	kWt
Q_{K1}	325950	kWt
Q_{AK1}	134025	kWt
Q_{AK2}	183896	kWt
Q_{AK3}	232058	kWt
Q_K	1282697	kWt
t_{y0}	1657	°C
$t_{EKO2Ç}$	1377	°C
$t_{KÇ}$	1104	°C
$t_{AK1Ç}$	992	°C
$t_{AK2Ç}$	837	°C
$t_{AK3Ç}$	643	°C
$t_{EKO1Ç}$	595	°C
P_{el}	565	MWe
η_K	91	%

Şekil 3. Tasarılan Ultra süper kritik termik santralin yapısı ve sistem değerleri



Şekil 4. Ultra süper kritik termik santralin h-s diyagramı



Şekil 5. Ultra süper kritik termik santralin su ve gaz tarafı sıcaklıkları

3. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Düşük kaliteli linyitlerin değerlendirilmesi ve CO₂ salınımlarının azaltılması için ultra süper kritik kazanların çok büyük bir önemi vardır. Elbistan linyitiyle yapılan O₂ ile yakma işlemi için elde edilen veriler göstermektedir ki yanma sonrasında oluşan gazların çok yüksek sıcaklıklarda oluşu yanma odasının etkin bir şekilde soğutulmasını gerekli kılmıştır. Bunun için, yanma sonrasında oluşan CO₂ kazana geri beslenmelidir.

CO₂ ve su, azota göre daha fazla ısı kapasiteye sahiptir. Kazana olan ısı transferinin konveksiyonla olan bölümünü yükseltmek için gazın ısı kapasitesinin yüksek olması gerekir. Ancak, kazana geçen gaz miktarı oksijenle yanmada daha azdır ve radyasyonla ısı transferindeki artış konveksiyonla geçişte düşük gaz sıcaklıkları oluşturur. Bu iki faktör konveksiyonu doğrudan etkiler. Radyasyon ve konveksiyon dengesi etkili yöntemlerle iyi ayarlanmalı ve optimize edilmelidir. Yapılan çalışmalar göstermiştir ki giren gazlardaki oksijen oranının yüksekliği gazların çıkış sıcaklığını düşürmektedir. Bu da konveksiyonu azaltmaktadır.

CO₂'in yeraltına depolanıp bertaraf edilmesi için gereken sıkıştırma ve soğutma işlemleri ve hava ayırıştırma işlemleri, santral verimini düşürücü etki yapmaktadır. Bu nedenle, kızgın buhar parametrelerinin artırılmasının yanı sıra kayıpların da minimuma indirilmesi gerekmektedir. Dayanımı yüksek malzemelerin geliştirilmesi ultra süper kritik kazan teknolojisinin uygulanması için çok önemlidir.

Yanma ve gaz tarafı sorunlarının yanında kazanla ilgili iş akışkanı veya buhar tarafı sorunlarının da çözülmesi gerekmektedir. Bu ise mevcut buhar çevrimi veriminin, elektrik üretiminin en az %20 artırılacağı bir biçimde yeniden tasarlanması ve optimizasyonunu gerektirmektedir. Rankine buhar çevrimi verimi tersinir Carnot çevrimi tarafından sınırlanır. Mevcut çevrim veriminin Carnot çevrim verimine %20 daha yaklaşabilmesi için kızgın ve ara buhar sıcaklıklarının bugünkü ortalama değerleri olan 550 °C'den 800 °C'ye, taze buhar çıkış basıncının 400 bar ve üzerine çıkarılması gerekmektedir.

KAYNAKÇA

- [1] Ultra Super Critical Boilers, <http://www.bwe.dk>, (2007)
- [2] Goidich, S., Wu, S., Fan, Z., Bose, A., "Design Aspects of the Ultra-Supercritical CFB [3] Boiler" , International Pittsburgh Coal Conference, Pittsburgh, PA, Sept. 12-15, (2005)
- [4] Buhre, B.J.P., Elliot, L.K., Sheng, C.D., Gupta ,R.P., Wall, T.F., "Oxy-Fuel Combustion Technology for Coal-Fired Power Generation", (2005)
- [5] Tomski, P., "Technology Report Zero Emissions Technologies for Fossil Fuels", (2001)
- [6] Mathieu, P., "IPCC Special Report on Co₂ Capture and Storage", (2003)
- [7] R. Lundqvist, R. Kral, P. Kinnunen, K. Myöhänen, "The Advantages of a Supercritical Circulating Fluidized Bed Boiler", POWER-GEN Europe, Dusseldorf, Germany, (2003)
- [8] Poulsen, H., "Advantages Ultra Super Critical Technology in Power Generation", (2005)
- [9] Rao, U. S., "DOE Launches Project to Improve Materials for Supercritical Coal Plants," Techline, www.netl.doe.gov, (2001)