

Makalenin Geliş Tarihi : 02.06.2009
Makalenin Kabul Tarihi : 24.12.2009

DOĞAL GAZ YANMASINDA OCAK YÜKÜNÜN KARBONMONOKSİT EMİSYONU ÜZERİNE ETKİSİ

Y. Erhan BÖKE¹, Özer AYDIN²

ÖZET : Alev geri dönüşlü bir sıcak su kazanında ocak yükünün karbonmonoksit emisyonu üzerindeki etkisi deneysel olarak incelenmiştir. Deneyler, 116 kW yakıt ısı gücünde TS EN 676 standardına göre tasarlanmış bir deney kazanında cebri üflemlerle bir brülör ile doğal gaz yakılarak gerçekleştirilmiştir. Ocak yükünün değiştirilmesi, yakıt debisi ile sıcak su kazanının silindirik yanma odası (ocak) hacminin değiştirilmesi ile sağlanmıştır. Yanma odasının hacmi, ocak boyu değiştirilerek ayarlanmıştır. Yanma odası çapı tüm deneylerde sabittir. Deneylerde ocak boyu, hava fazlalık katsayısı ve yakıt sarfiyatı parametre olarak seçilmiştir. Gaz analizörü ile bacada karbonmonoksit emisyonu ölçümü yapılmıştır. Deneysel sonuçlar, sabit hava fazlalık katsayısı değeri için azalan ocak hacmi ile birlikte karbonmonoksit emisyonunun arttığını göstermiştir. Kazan ısı gücü ve ocak hacminin birlikte azaldığı deneylerde, ocak yükü azaldıkça karbonmonoksit emisyonunun arttığı görülmüştür. Ocak hacminin değişken, ısı gücün sabit olduğu deneylerde ise ocak yükü arttıkça karbonmonoksit emisyonunun arttığı tespit edilmiştir. Karbon monoksit emisyonu, ocak hacminin en küçük ve ocak yükünün en büyük olduğu 550 mm ocak boyunda en büyük değeri (1200 ppm) almıştır.

ANAHTAR KELİMELELER : Doğal gaz yanması, Sıcak su kazanı, Karbonmonoksit emisyonu.

EFFECT OF FURNACE HEAT LOAD ON CARBON MONOXIDE EMISSION AT NATURAL GAS COMBUSTION

ABSTRACT : The effects of combustion chamber volume on carbon monoxide emission have been investigated experimentally. Experiments have been carried out on a fire tube water heater described in the EN 676 and equipped with natural gas burner with the maximum heat capacity of 116 kW. For both categories of the experiments, heat input and furnace length were the parameters. The experiments were performed for the three heat inputs. The maximum heat input was 116 kW and obtained from the diagram given in EN 676 for the maximum combustion chamber length of 790 mm. The other heat inputs were 87 kW and 58 kW, which were 25% and 50% less than the previous one. The length of the combustion chamber for these two heat inputs was determined as 680 and 550 mm, respectively, from the diagram given in the standard. The carbon monoxide concentration of the sucked gas was measured. It was defined that carbon monoxide emission increased with the decrease in the furnace volume at the constant excess air ratio. In the experiments, the heat input and furnace volume decreased, carbon monoxide emission increased with decreasing the furnace heat load. For the constant heat input, the emission also increased as the furnace volume decreased. Carbon monoxide emission took the maximum value (1200 ppm) for the smallest furnace volume and biggest heat input as the furnace length was 550 mm.

KEYWORDS : Natural gas combustion, Fire tube water heater, Carbon monoxide emission.

¹ İstanbul Teknik Üniversitesi, Makine Fakültesi, Isı ve Termodinamik Anabilim Dalı, Gümüşsuyu-İSTANBUL

² Dumlupınar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, KÜTAHYA

I. GİRİŞ

Günümüzde doğal gaz yakacak olarak çeşitli alanlarda kullanılmaktadır. Doğal gaz ülkemizde son yıllarda çok geniş kullanım alanlarına sahip olmuştur. Genellikle elektrik üretimi, gübre vb. sanayide ve konut ısıtılmasında kullanılmaktadır. Konutlarda yaygın olarak ısıtma amaçlı kullanımının yanı sıra sanayi kuruluşlarında enerji amaçlı kullanıma da sahiptir. Ayrıca doğal gazın giderek yaygınlaşan uygulama alanlarından biri de özellikle toplu taşımacılıkta kullanılan ulaşım araçlarında yakıt olarak kullanımınıdır. Doğal gazın son yıllarda giderek artan bir şekilde konut, sanayi ve sosyal tesislerde yaygın olarak kullanılması ve dünyada artan enerji fiyatları bu yakıtın en uygun sistemlerle verimli olarak kullanımını zorunlu kılmaktadır. Bu nedenle yakma sistemlerinden verimin yüksek, yakıt tüketiminin ve emisyon değerlerinin az olması istenir.

Konutlarda ısınma amacı ile sıcak su kazanları ve kombine sistemler kullanılmaktadır. Kazanlar genel olarak çelik ve döküm kazanlar olarak ikiye ayrılmaktadır. Yanmış gazların kazan içindeki dolaşımına göre alev geri dönüşlü ve üç geçişli olmak üzere iki tip sıcak su kazan vardır. Brülör tipine bağlı olarak ise iki farklı kazan tipi vardır. Bunlar atmosferik brülörlü ve üfleli brülörlü kazanlardır. Atmosferik gaz brülörlerinde yanma havası, basınçlı doğalgazın bir lülede genişlemesi sırasında enjeksiyon prensibi ile çevreden emdiği hava (birincil hava) ile açık olan yakıcının altından emilen hava (ikincil hava) ile sağlanır. Üfleli brülörlerde ise yanma havası bir vantilatör tarafından cebri olarak sağlanır.

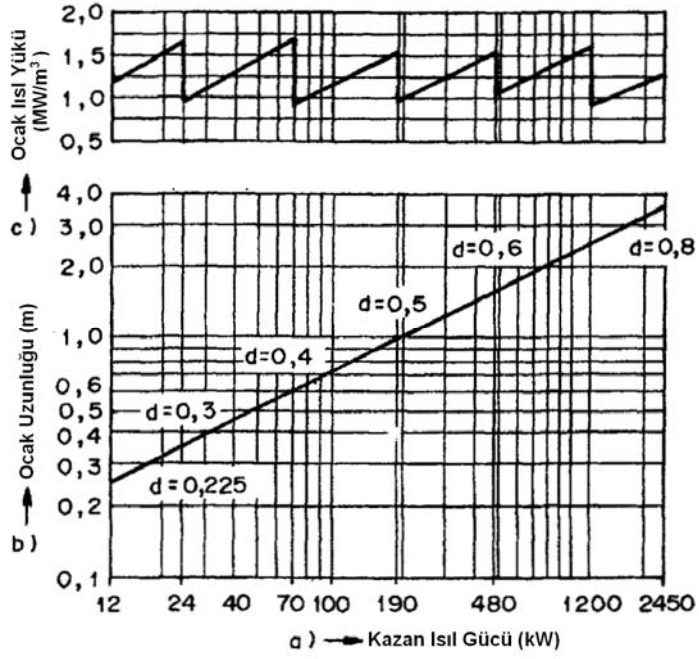
Yanma kalitesini etkileyen en önemli faktörler kazana uygun brülör seçilmesi, brülör alev boyu ve çapının kazan yanma odasına uygun olmasıdır. Üfleli brülörlü kazan kullanıldığında brülörün kazana uyum göstermesi çok önemlidir. Kazana uygun brülör seçimi, kazan brülör uyumunun sağlanması ve bu seçimin yanma üzerindeki etkisi yönünden, kazan seçimi kadar önemlidir [1]. Oksijen yetersizliği, yanmanın tam olmamasının nedenlerinden biridir. Yanma odasında tam yanma için gerekli oksijenden daha çoğunun bulunduğu durumlarda bile, yanma tam olmayabilir. Bunun nedenlerinden biri, yakıtın ve oksijenin bir arada olduğu süre içinde yeterince karışmamasıdır. Yanmanın tam olmamasının bir başka nedeni de yüksek sıcaklıklarda önem kazanan ayrışmadır. Karbonmonoksit (CO); yetersiz hava, hava ve yakıt karışımının kötü olması veya yeterli büyüklükte boyutlandırılmamış yanma odası nedeniyle oluşan eksik yanma neticesinde meydana gelmektedir [2-4].

Kazanlara brülör uyumu, yanma ayar ve kontrollerinin tekniğine uygun yapılması düzgün ve kaliteli bir yanma temin edilmesine, dolayısıyla daha az yakıt tüketilmesine neden olacaktır [1]. Gaz yanmasında diğer yakıtlara göre daha homojen bir karışım oluşturulduğu için karbon monoksit emisyonları düşüktür. Doğal gaz yanmasında yanma odasındaki radyasyonla ısı transferini arttırmak için yanma odasına radyasyon yüzeyleri yerleştirilmektedir. Bu katı yüzeyler alev sıcaklığını düşürerek başta azot oksit emisyonları olmak üzere karbon monoksit emisyonlarını da azaltmaktadır [5, 6]. Bu çalışmada ise TS EN 676 standardına göre brülör testi için imal edilmiş bir sıcak su kazanında ocak yükünün değiştirilmesiyle karbon monoksit emisyonlarının değişimi deneysel olarak incelenmiştir.

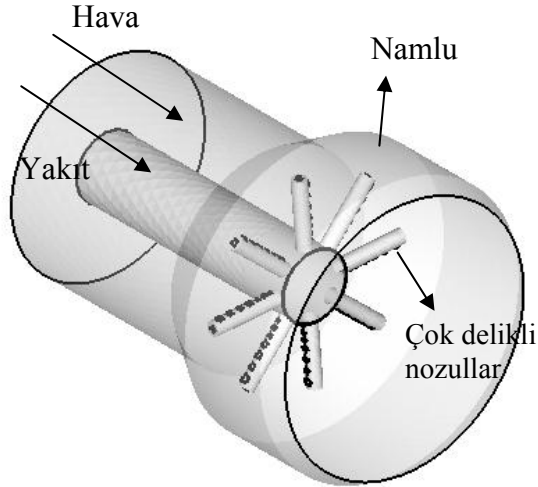
II. DENEY SİSTEMİ

Bu çalışmada doğal gaz yakılan bir yakma sisteminde ocak yükünün karbon monoksit emisyonları üzerindeki etkisi deneysel olarak incelenmiştir. Deneysel kazanı TS EN 676 standardına göre tasarlanmıştır [7]. İlgili standartta ısı gücünün fonksiyonu olarak ocak boyu ve çapı için gerekli ölçüleri Şekil 1’de görülen bir diyagram ile vermektedir. Deneysel kazan için geçerli en büyük yakıt ısı gücü 116 kW (100 000 kcal/h) olup, Şekil 1’den bu ısı güce karşılık gelen ocak boyu 790 mm olarak bulunmuştur [8].

Deneysel kazan, en büyük ocak boyunda (790 mm) yakıt ısı gücünü (116 kW) karşılayacak ve bu kazanda oluşacak karşı basıncı yenecek, geniş ısı gücü aralığına (46 - 205 kW) sahip uzun namlulu üflemlili bir brülör kullanılmıştır (Şekil 2). Bu brülörün doğal gaz tüketim aralığı 4,7 – 21,4 Nm³/h’dir.



Şekil 1. Isıl gücün fonksiyonu olarak ocak çapı ve uzunluğu (TS EN 676, 2006).



Şekil 2. Deneylerde kullanılan üflemlü brülörde yakıt ve hava girişleri.

Deneyde ele alınan parametrelerden birisi de ocak boyudur. Sabit ocak çapı için farklı ocak boyları belirlenmiştir (Şekil 1). Bu ocak boylarından biri deney kazanının maksimum ocak boyu olan 790 mm'dir. Diğer ocak boyları, 116 kW yakıt ısı gücünün sırasıyla % 75 ve % 50 oranlarına karşılık gelen 87 ve 58 kW yakıt ısı güçleri esas alınarak bulunmuştur. Şekil 1'den yararlanılarak 87 kW ve 58 kW yakıt ısı gücüne karşılık gelen ocak boyları sırasıyla 680 mm ve 550 mm olarak tespit edilmiştir.

Deney kazanı üzerinde ön testler yapılarak kazan verimi tespit edilmiştir. Ön testlerde kazan giriş ve çıkış suyu sıcaklıkları sırasıyla 90 C ve 70 C olarak sabit tutulmuştur. Bu testlerde kazan ısı verimi ortalama $\eta = \% 86,5$ ($\%0,7$) olarak tespit edilmiştir. Deneylerin yapıldığı zaman aralığında yakılan doğal gazın alt ısı değerinin $H_u = 39060 \text{ kJ/Nm}^3$ olduğu gaz dağıtım şirketinden öğrenilmiştir. Eksik yanma kaybı ihmal edilerek, 116 kW brülör ısı gücü için kazan net ısı gücü ve yakıt debisi;

Kazanın net ısı gücü;

$$\dot{Q}_{net} = \eta \cdot \dot{Q} = 0.865 \times 116 = 100.6 \text{ kW} (\%1,4) \quad (1)$$

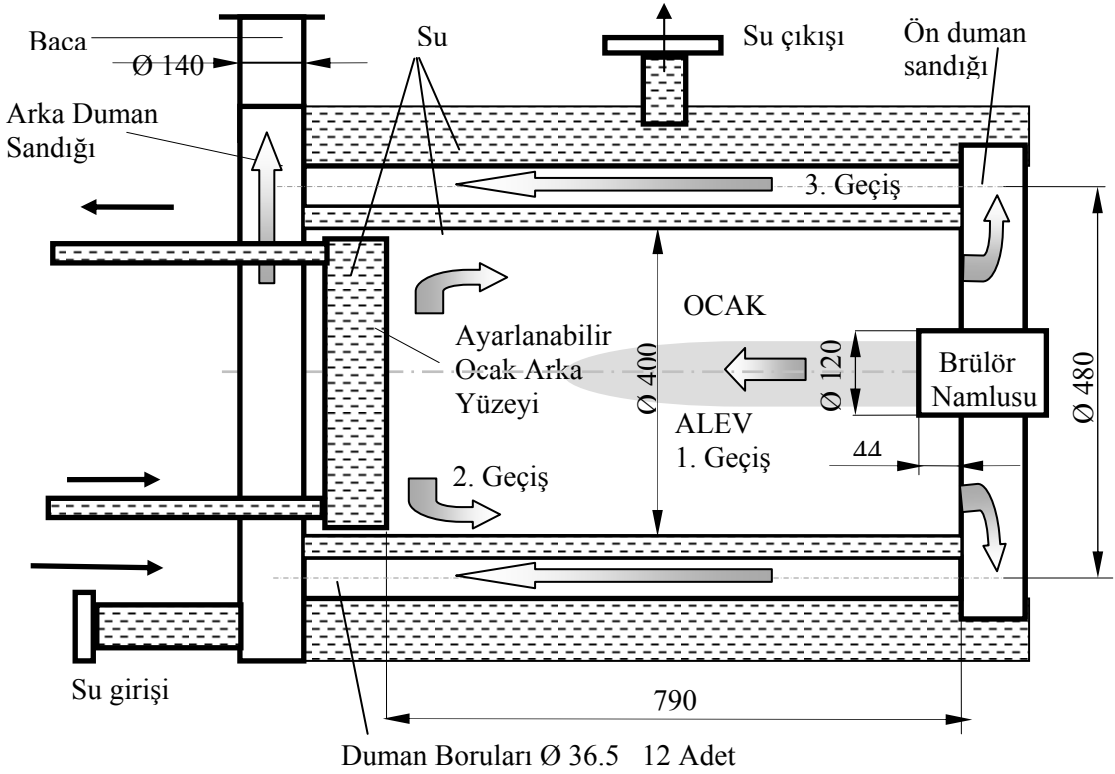
Yakıt debisi ise;

$$B = \frac{\dot{Q}_{net}}{\eta \cdot H_u} = \frac{(100.6 \cdot 3600)}{0.865 \cdot 39060} = 10.72 \text{ Nm}^3/\text{h} (\%2) \quad (2)$$

olarak hesaplanmıştır. Benzer şekilde 87 ve 58 kW yakıt ısı güçleri için, sırasıyla, yakıt hacimsel debileri $8,04 \text{ Nm}^3/\text{h}$ ve $5,35 \text{ Nm}^3/\text{h}$ olarak belirlenmiştir. 790 mm ocak boyundaki kazan için diğer ölçüler Şekil 3'de verilmiştir. Bu ocak boyları için kazan ölçüleri ocak boyu haricinde 790 mm ocak boylu kazanın ölçüleri ile aynıdır.

Deney kazanı alev geri dönüşlü bir kazan olduğundan ocak arka duvarına (hareket edebilir ocak arka yüzeyi) çarpan duman gazları geri dönüş yapmaktadırlar. Bu duman gazlarının geçişi 2. geçiş bölgesi olarak da isimlendirilir. Yanma sonu gazlar kazan kapağının oluşturduğu ön duman sandığında toplanır. Ön duman sandığından 3. geçiş olarak isimlendirilen duman borularına geçiş olur. Duman borularından arka duman sandığına ilerleyen gazlar bacadan

atmosfere atılır. Yanma sonu gazlarının ısı kazanda ısı geçiş yüzeyleri üzerinden suya aktarılır ve kazandan ısınarak çıkan su soğutulmak üzere ısı değiştiricilerine gönderilir. Buradan atmosfere açık besleme suyu deposuna gelen soğutulmuş su bir pompa vasıtasıyla tekrar kazana gönderilir.



Şekil 3. Deney kazanının şematik görünüşü.

Bu ocak boylarına karşılık gelen ocak yükleri ise eşitlik (3) ile hesaplanmıştır [9].

$$q_o = \frac{BH_u}{V_o} \quad (\text{kW} / \text{m}^3) \quad (3)$$

Burada V_o ocak (m^3) hacmidir. Deneylerde diğer parametre hava fazlalık katsayısıdır. Baca gazında karbon monoksitin minimum olduğu duruma karşılık gelen en küçük hava fazlalık

katsayısı ile stokiometrik yanmaya karşılık gelen HFK=1.00 değeri deneylerde esas olarak alınmıştır. 116 ve 87 kW yakıt ısı güçlerinde deneyler hava fazlalık katsayısının 1,02-1,26 değerlerinde, 58 kW yakıt ısı gücünde yapılan deneyler ise hava fazlalık katsayısının 1,26 ve 1,475 değerlerinde yapılmıştır. Bu değerler deneylere başlamadan önce yapılan ön deneylerle tespit edilmiştir. Her bir ocak boyunun maksimum ısı gücünde yapılan ön deneylerde, baca gazı içindeki karbon monoksitin emisyonu ölçülmüş ve hava fazlalık katsayısı değerleri tespit edilmiştir. Ocak boyunun 790 mm ve 680 mm değerine karşılık gelen yakıt ısı güçleri (sırasıyla 116 kW ve 87 kW) için bacadaki en büyük karbon monoksit emisyonu, hava fazlalık katsayısının 1,02 değerinde gerçekleşmiştir. Hava fazlalık katsayısının daha da azaltılması halinde brülör sönmüştür. Ocak boyunun 550 mm olması halinde ise en büyük karbon monoksit emisyonu hava fazlalık katsayısı 1.26 de tespit edilmiştir. 550 mm ocak boyunda hava fazlalık katsayısının 1,02 değerinde brülör ile yanma sağlanamamıştır. Bu ocak boyunda yanmanın sağlandığı en düşük hava fazlalık katsayısı 1,26 olarak tespit edilmiştir. Hava fazlalık katsayısının 1,26 değeri, ocak boyları 790 mm ve 680 mm karşılık gelen 116 ve 87 kW yakıt ısı güçlerinde bacadaki karbon monoksit emisyonunun en düşük olduğu değerdir. 550 mm'lik ocak boyuna ait yakıt ısı gücü (58 kW) için bacada karbon monoksit değerini en düşük yapan en küçük hava fazlalık katsayısı değeri 1,475 olarak tespit edilmiştir.

Kazanda deney süresince yakılan doğal gaz debisi gaz sayacı ile ölçülmüştür ve ölçüm aralığı 1-16 m³/h, hassasiyeti 0,001 m³/h'dir. Deney tesisatında dolaşan suyun debisi ise su sayacı ile ölçülmüştür. Su sayacının ölçüm aralığı 0-20 m³/h, hassasiyeti 0,001 m³/h'dir. Deney süresince 10 saniye aralıklarla doğal gaz ve su debileri ölçülmüş ve bu ölçümler veri kayıt sistemine kaydedilmiştir.

Deneylerde yakılan yakıt miktarını normal şartlara dönüştürmek için ortam nemi ve sıcaklığı ölçülmüştür. Bu amaçla kullanılan nem ölçme cihazının ölçüm aralığı %0 - %100 bağıl nem olup hassasiyeti \pm % 3 bağıl nemdir. Karbon monoksit emisyon ölçümü baca gaz analiz cihazı ile yapılmıştır. Gaz analiz cihazının karbon monoksit emisyonu için ölçüm aralığı 0 – 10 000 ppm dir. Karbon monoksit ölçme hassasiyeti, \pm 10 ppm CO (0 – 199 ppm), \pm % 5 mV (200 – 2000 ppm), \pm % 10 mV (2001 – 10000 ppm) olarak verilmiştir.

III. ANALİZ

Deneylere başlamadan önce giriş ve çıkış su sıcaklığı 70/90 °C oluncaya kadar ısıtılmıştır. Deneysel tesisatında dolaşan su debisi, istenilen yakıt ısı gücü ve su çıkış ve giriş sıcaklık farkını sağlayacak şekilde ayarlanmıştır. Daha sonra gaz debisi istenilen yakıt ısı gücü için normal şartlardaki değerine ayarlanmıştır. Bacadan yapılan gaz analizine göre brülörün hava ayarı değiştirilerek hava fazlalık katsayısı ayarı yapılmıştır. Kararlı yanma ve deney şartları oluştuktan sonra ölçmeye başlanmış ve büyüklüklerin zamana göre değişimi kaydedilmiştir. Tablo 1, 2 ve 3’de sırasıyla 790, 680 ve 550 mm ocak boylarında yapılan deneylerin yakıt ısı gücü, yakıt hacimsel debileri ve hava fazlalık katsayıları verilmiştir. 790 mm ocak boyunda 116 kW yakıt ısı gücüne ilave olarak 87 kW ve 58 kW yakıt ısı güçlerinde de deneyler yapılmıştır.

Tablo 1. 790 mm ocak boyu için yakıt ısı güçleri, yakıt hacimsel debileri ve hava fazlalık katsayıları

Deney Parametreleri	Deney No			
	1	2	3	4
Yakıt Isıl Gücü (kW)	116	116	87	58
Yakıt Hacimsel Debisi (Nm ³ /h)	10,72	10,72	8,04	5,35
Hava Fazlalık Katsayısı	1,02	1,26	1,26	1,26
Ocak yükü (kW/m ³)	1172		879	585

680 mm ocak boyunda 58 kW, 550 mm ocak boyunda 43,5 kW yakıt ısı gücünde de deneyler yapılmıştır.

Tablo 2. 680 mm ocak boyu için yakıt ısı güçleri, yakıt hacimsel debileri ve hava fazlalık katsayıları

Deney Parametreleri	Deney No		
	5	6	7
Yakıt Isıl Gücü (kW)	87	87	58
Yakıt Hacimsel Debisi (Nm ³ /h)	8,04	8,04	5,35
Hava Fazlalık Katsayısı	1,02	1,26	1,26
Ocak yükü (kW/m ³)	1021		680

Tablo 3. 550 mm ocak boyu için yakıt ısı güçleri, yakıt hacimsel debileri ve hava fazlalık katsayıları

Deney Parametreleri	Deney No		
	8	9	10
Yakıt Isıl Gücü (kW)	58	58	43.5
Yakıt Hacimsel Debisi (Nm ³ /h)	5,35	5,35	4,00
Hava Fazlalık Katsayısı	1,26	1,475	1,475
Ocak yükü (kW/m ³)	840		628

IV. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Ocak boyunun 790 mm olması durumunda yapılan tüm deneyler için bacadan ölçülen CO emisyonları Tablo 4’de verilmiştir. 790 mm ocak boyunda 87 ve 58 kW yakıt ısı güçlerinde ve hava fazlalık katsayısının 1,26 değerinde yapılan deneylerde bacadan ölçülen CO emisyonları 116 kW yakıt ısı gücünde ölçülen değerlere yakın değer almıştır.

Tablo 4. Ocak boyu 790 mm bacadan ölçülen CO emisyonu

Ocak yükü ve yakıt ısı gücü	HFK	CO (ppm, % 3 O ₂)
1172 kW/m ³	1,26	18
116 kW	1,02	10411
879 kW/m ³	1,26	18
87 kW		
585 kW/m ³	1,26	16
58 kW		

680 mm ocak boyunda yakıt ısı gücün 87 kW’dan ve 58 kW’a düşürülerek hava fazlalık katsayısının 1,26 değerinde yapılan deneyde bacadan ölçülen CO emisyonları 176 ppm değerine yükselmiştir (Tablo 5). 790 ve 680 mm ocak boyunda 87 kW yakıt ısı gücüne karşılık gelen miktarda yakıt yakılması halinde, bacada ölçülen CO emisyonunun ocak boyu arttıkça azaldığı tespit edilmiştir (Tablo 4, 5).

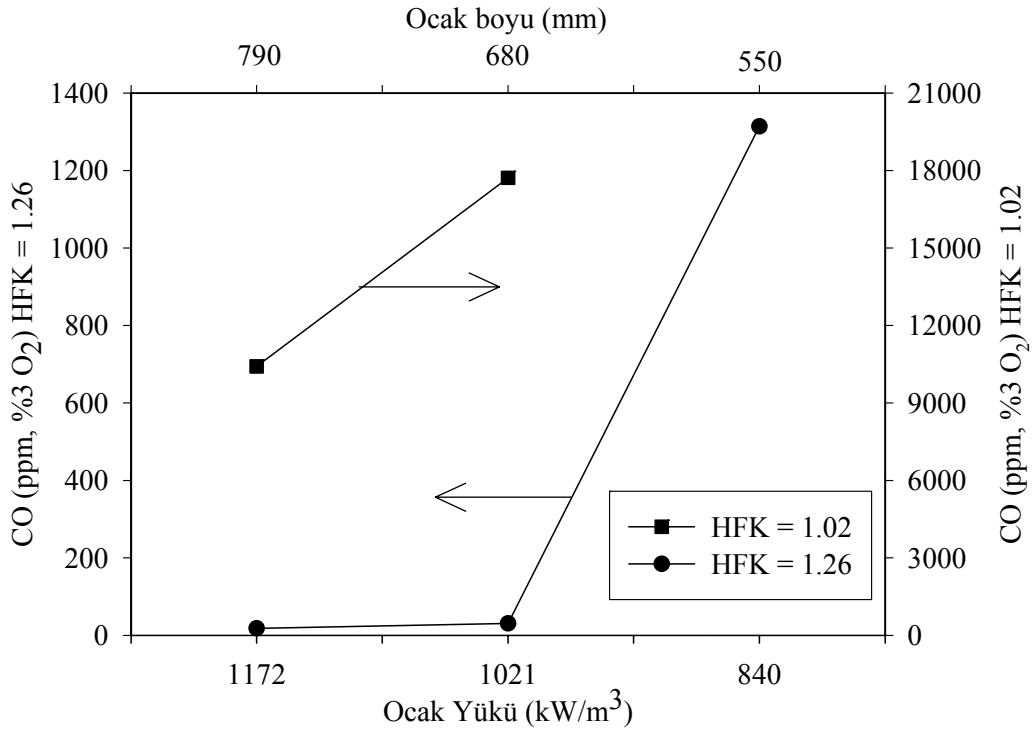
Tablo 5. Ocak boyu 680 mm bacadan ölçülen CO emisyonu

Ocak yükü ve yakıt ısı gücü	HFK	CO (ppm, % 3 O ₂)
1021 kW/m ³	1,26	31
87 kW	1,02	17716
680 kW/m ³	1,26	176
58 kW		

550 mm ocak boyunda yakıt ısıl gücü 43,5 kW ve 1.475 hava fazlalık katsayısı değerinde yapılan deneyde bacadan ölçülen CO emisyonu 52 ppm değerinden 109 ppm değerine yükselmiştir (Tablo 6).

Tablo 6. Ocak boyu 550 mm bacadan ölçülen CO emisyonu

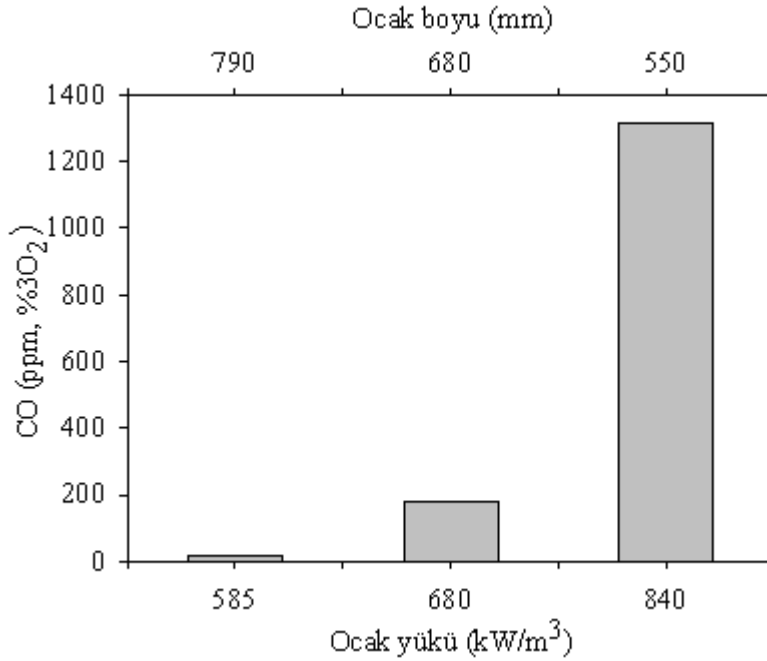
Ocak yükü ve yakıt ısıl gücü	HFK	CO (ppm, % 3 O ₂)
840 kW/m ³	1,475	52
58 kW	1,26	1314
249 kW/m ³		
43.5 kW	1,475	109



Şekil 4. Hava fazlalık katsayısı ve ocak yüküne bağlı olarak CO emisyonu değişimi.

Şekil 4’de hava fazlalık katsayısının 1,02 ve 1,26 değerleri için baca ölçülen CO emisyonunun ocak yüküne göre değişimi verilmiştir. Burada ocak yükü her bir ocak boyuna göre belirlenmiş olan yakıt ısıl gücüne göre hesaplanmıştır. Ocak boyu (hacmi) azaldıkça yakıt ısıl gücü azalmıştır. Azalan ocak boyu (hacmi) ile ocak yükü azalmaktadır. Karbon monoksit emisyonu her iki hava fazlalık katsayısında da azalan ocak yükü ile birlikte artış göstermektedir. Hava fazlalık katsayısının azalan değeri ile birlikte karbon monoksit emisyonunun arttığı görülmektedir. Hava fazlalık katsayısının 1,26 değeri için 680 mm ocak boyunda 790 mm ocak boyu ile karşılaştırıldığında karbon monoksit emisyonunun az da olsa arttığı görülmektedir. 550 mm ocak boyunda ise hava fazlalık katsayısının 1,26 değeri için karbon monoksit emisyonundaki artış çok daha fazla olmuştur. Bunun nedeni yanmanın tamamlanabilmesi için ocak hacminin yetersiz olmasıdır. Ayrıca en küçük yanma odası hacminde (ocak boyu 550 mm için) hava fazlalık katsayısının 1,26 değerinin altına inildiğinde brülör sönmüştür. Bu ocak boyunda hava fazlalık katsayısının 1,02 değeri için ölçüm yapılamamıştır. Hava fazlalık katsayısının 1,02 değerinde ise 790 mm ve 680 mm ocak boyları arasındaki karbon monoksit emisyonundaki artış daha fazladır. Azalan ocak hacmi karbon monoksit artışında etkili olmuştur.

790, 680 ve 550 mm ocak boylarında 58 kW yakıt ısıl gücü ve hava fazlalık katsayısının 1.26 değeri için deneyler yapılmıştır. Bu deneylerde yakıt ısıl gücü sabit tutulurken ocak hacmi azaltılmıştır. Azalan ocak hacmi ile ocak yükü artmıştır. Sabit ısıl güç değişken ocak hacimlerinde yapılan deneylerde bacada ölçülen CO emisyonunun ocak yüküne göre değişimi Şekil 5’de verilmiştir. Sabit ısıl güç halinde ocak hacmi azaldıkça ocak yükü artmıştır. 790, 680 ve 550 mm ocak boylarında hesaplanan ocak yükleri sırasıyla 585, 680 ve 840 kW/m³’dür. Karbon monoksit emisyonu, ocak hacminin en küçük ve ocak yükünün en büyük olduğu 550 mm ocak boyunda en büyük değeri almıştır. Bu emisyon artışı, azalan ocak hacmi ile birlikte karbonun tamamıyla karbondioksit dönüşmesi için gerekli hacmin yetersiz olmasından kaynaklanmaktadır.



Şekil 5. Ocak yüküne bağlı olarak CO emisyonu değişimi (58 kW, HFK=1.26).

V. BULGULARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Yakıtların yanması sonucu oluşan ürünlerin insan ve çevre sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri, bu yakıtların tüketimi ile orantılı olarak artmaktadır. Bu nedenle yanma sonucu üretilen kirletici bileşenlerin standartlarda öngörülen sınır değerleri sağlayacak şekilde yanma sistemlerinin düzenlenmesi gerekmektedir. Ayrıca yanma sisteminin veriminde azalmaya neden olmadan, bu kirletici bileşenlerin kontrol edilebilmesi için yanma sistemlerinin optimizasyonu gerekmektedir. Daha az yakıt tüketimi ise, çevre kirlenmesinin azaltılması yanında hem kullanıcıya, hem de ülke ekonomisine olumlu katkılar sağlayacaktır.

Bu çalışmada bir doğal gaz yakma sisteminde ocak yükünün ve hacminin karbon monoksit emisyonu üzerindeki etkisi deneysel olarak incelenmiştir. Deneyleerin değerlendirilmesinde iki karşılaştırma yöntemi uygulanmıştır. Bunların birinde her ocak hacmine karşılık gelen yakıt ısı gücü esas alınmıştır. İkinci değerlendirme yönteminde ise ısı gücü sabit tutularak, farklı ocak hacimlerinde karbon monoksit emisyonu incelenmiştir. Her iki değerlendirme şeklinde de;

Ocak hacminin azalması ile karbonmonoksit emisyonunun arttığı tespit edilmiştir.

Ocak yüklerinin davranışı esas alınan bu iki değerlendirme sistemi için birbirinden farklıdır. Yakıt ısı gücü ve ocak hacminin birlikte azaldığı deneylerde, ocak yükü azaldıkça karbon monoksit emisyonunun arttığı görülmüştür.

Ocak hacminin değişken, yakıt ısı gücünün sabit olduğu deneylerde ise ocak yükü artıkça karbon monoksit emisyonunun arttığı tespit edilmiştir. Farklı hava fazlalık katsayısında yapılan deneylerde, azalan ocak hacmi ile karbon monoksit emisyonunun arttığı görülmüştür.

Karbon monoksit emisyonu, ocak hacminin en küçük ve ocak yükünün en büyük olduğu 550 mm ocak boyunda en büyük değeri (1200 ppm) almıştır.

VI. KAYNAKLAR

- [1] K. Bıçakçı, “Doğal Gazlı Isıtma Sistemlerinde Kazan ve Brülör Uyumunun Yanma Üzerindeki Etkisi”, Doğal Gaz Dergisi, Sayı : 32, 1995.
- [2] E. L. Keating, “*Applied Combustion*”, Marcel Dekker Inc., USA, 1993.
- [3] S. R. Turns, “*An Introduction to Combustion*”, McGraw-Hill, Inc., New York, 2000.
- [4] Y. A. Çengel, M. A. Boles, “*Mühendislik Yaklaşımıyla Termodinamik*”, (Çev. T.Derbentli), McGraw –Hill, 1996.
- [5] Y. E. Boke, O. Aydın, Effect of the radiation surface on temperature and NO_x emission in a gas fired furnace, Fuel 88 (2009) 1878–1884.
- [6] O. Aydın, Y. E. Boke, Experimental and numerical modeling of the effect of solid surface on NO_x emission in the combustion chamber of a water heater, doi:10.1016/j.compfluid.2009.11.003.
- [7] TS EN 676, “*Brülörler-Otomatik üflemeli-Gaz yakıtlar için, TSE*”, 2006.
- [8] Ö. Aydın, Y.E. Böke, S. Alanyalı, “Emission Control of a Natural Gas Combustion System”, Second International On Applied Thermodynamics, Yıldız Technical University, İstanbul, 2005.
- [9] K. Onat, O. F. Genceli, A. Arısoy, *Buhar Kazanlarının Isıl Hesapları*, Teknik Yayıncılık Tanıtım A.Ş., 1998.