

MAKALE

YANMA GAZ ANALİZLERİ VE DOĞALGAZ UYGULAMALARINDAKİ ÖNEMİ

Mustafa DURU KAN

1957 Kayseri de doğdu 1980 yılında Maden Mühendisi olarak mezun oldu. 1981-1984 yılları arasında E.İ.E.İ Genel Müdürlüğünde, Dünya Bankasınca finanse edilen "Türk Sanayiinde Enerji Tasarrufu isimli projede görev aldı ve özellikle kazanlarda yanma verimliliği ve enerji tasarrufu konularında çalışmalarda bulundu.1984 yılında Enersistem Mühendislik Danışmanlık Ltd. Şti.'ni kurdu. Halen, Endüstriyel-Ticari ölçekli tesislerdeki enerji verimliliğini artırıcı sistem ve ekipmanlar, iş ve işçi güvenliğine yönelik gaz dedeksiyon cihazları ve yüksek enerji verimli radyant ısıtma sistemlerinin anahtar teslim satışı konusunda, Ankara ve İstanbul ofisleri ile faaliyetini sürdüren bu şirkette yönetici mühendis olarak görev yapmaktadır.

ÖZET:

Doğal gaz temiz ve verimli yakılabilirlik açılarından üstün niteliklere sahip ender yakıtlardan birisidir. Ancak bu üstün niteliğinden maksimum faydalanımı sağlamak, en son teknoloji ile donatılmış kazan/fırın ve brülör sistemlerinin kullanım gereksinimi ile birlikte hassas bir yanma ayarı ve doğru hava/yakıt oranlarının tesisine bağlıdır.

Bu ayar ve kontroller günümüzde artık BACA ANALİZ cihazları ile son derece pratik ve hassas bir biçimde kolayca gerçekleştirilebilmektedir. Ancak, çok açıktır ki, yanma konusundaki bazı temel bilgi ve kavramların yemince özümsemediği ve yanmanın niteliğine doğrudan gösterge özelliği taşıyan ölçüm sonuçlarının içerdiği anlamların açıkça sağlanması söz konusu olamayacaktır.

Bu anlam içerisinde, bu yazı kapsamında, yanma ve yakıt kimyası ve yanma ile ilgili bazı temel ölçümler ve baca gazı analiz cihazlarına özlü olarak değinilmekte ve pratik verim hesap formülleri, Yanma-Verim tablosu gibi bazı rehber nitelikli bilgilere yer verilmektedir.

GİRİŞ

Çok değil sadece 20 yıl öncesine kadar ülkemizde ve dünyada yanma-yakma-ısıtma sistemlerinden istenen, çok sık bakım onarım gerektirmeden ve devre dışı kalmadan emniyetli çalışabilmesiydi.

Ancak 1973-78 döneminde yaşanan petrol krizi sonucunda yakıt fiyatlarında %325 lere varan artışlar, yakıt maliyetlerinin toplam maliyet içerisindeki oranını çok büyük miktarlara taşımış ve yakıt maliyetinin azaltılması VERİMLİ YANMAYI öncül hedef haline getirmiştir.

Buna ilave olarak 80'li yıllarda tüm dünyanın gündemine bir panik halinde giren çevre kirliliği ve buna dair toplumsal duyarlılığın artışı da TEMİZ YANMAYI zorunlu kılmıştır. Bugünün yakma sistemlerinden istenen temel işlevler DAHA VERİMLİ, TEMİZ VE GÜVENLİ yanmayı sağlamaktır.

Ülkemizde artık en son teknik ile donatılmış kazan/fırın ve brülörler kullanılmaya başlanmıştır. Bu denli gelişmiş sistemlerin devreye alma gerekse de rutin bakım işlemlerinde, günümüzde halen uygulama bulabilen operatörün göz ve kulağı veya orsat tipi yöntemlerin yerini, taşınması ve kullanımı kolay elektronik kompakt bir BACA GAZI ANALİZ CİHAZI almaktadır. Bu tür cihazlar ile baca gazı içerisindeki O₂ yüzdesi CO, SO₂, NO_x emisyon miktarı, CO₂ yüzdesi, gaz ve yakma hava sıcaklıkları, baca çekiş basıncı, ısılık testi, verim, fazla hava oranı gibi parametreler anında sayısal ekranda izlenmekte ve istenildiğinde yazıcısı ile bu değerler kayıtlı birer veri haline dönüştürülebilmektedir. Bu analiz sonuçları ile;

- * Yanma verimindeki iyileştirme yaparak yakıt tasarrufu,
- * Çevre kirliliği yönetmeliklerine uygun emisyon oranlarına erişme,
- * Kazan ve Brülör bakım-onarım gereksinimlerini belirleme,
- * Emniyetli bir çalışma imkanları sağlanmaktadır.

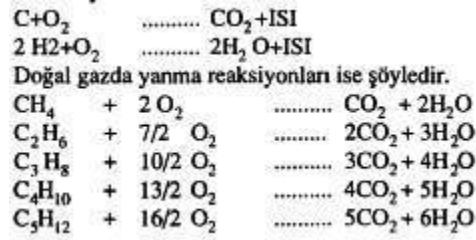
Gerek bu tür sistemlerden edinilecek bilgileri değerlendirerek maksimum faydayı sağlamak, gerekse de yanma ile ilgili eksikliği hissedilen ve bunun sonucunda bazı kavram kargaşalarına neden olan temel teknik bilgi ve kavramlara ilerleyen bölümlerde detaylı olarak değinilmektedir.

1-YANMA

Yanma yakıt içindeki yanıcı C ve H in hava içindeki oksijen ile hızlı bir kimyasal birleşim yapması olarak

tanımlanır.

İdeal-stokiyometrik koşullarda C ve H in tam yanması halinde yanma denklemi



2. HAVA

Teneffüs edilen ve yanma havası olarak kullanılan hava kompozisyon olarak, hacimsel bazda

% 20.95 oksijen (O₂)

% 78.09 azot (N₂)

% 0.93 argon

% 0.03 karbondioksit (CO₂)'den oluşur.

Yanma için kullanılan hava nadiren kuru olup çoğunlukla su buharı içerir. Su buharı miktarı bağıl nem ve sıcaklığa bağlı olarak değişir. Örneğin 25 °C sıcaklıktaki 1 kg hava:

%20 bağıl nem içeriyorsa 0.004 kg su %90 bağıl nem içeriyorsa 0.020 kg su taşımaktadır.

Havanın içerdiği bu su belirli bir miktar ısıyı soğurup ısı kaybına neden olmasına rağmen özellikle soğuk iklimlerde diğer kayıpların yanında bu kayıp ihmal edilebilmektedir.

3- KALORİFİK DEĞER

Yakıtların kalorifik değerleri Net ya da Alt kalorifik değer, Gross ya da Üst kalorifik değer olarak iki tür verilir. Bunların arasında fark çok iyi bir şekilde kavranmalıdır ki yanma verimleri konuşulurken bir hataya düşülmemeli ve karmaşa yaşanmamalıdır.

Birçok yakıt yanma sırasında su buharı haline dönüşen hidrojen ihtiva eder. Eğer yanma gazı ortam sıcaklıklarına (20 °C) düşürülürse, su buharı sıvı hale geçer ve aynı esnada buharlaşma gizli ısıyı açığa çıkar. Bu şekilde tespit edilen ısı değer Gross ya da Üst Kalorifik değerdir. Uygulamada ise yanma gazları yüksek sıcaklıktadır. Bu durumda gazın gizli ısıyı açığa çıkma ve elde olunan ısı değer Net ya da Alt ısı değerini ifade eder.

Bu açıklamalardan da anlaşılacağı gibi alt ve üst ısı değer arasındaki fark tamamen yakıtın içerdiği hidrojenin bir fonksiyonu olup, diğer birçok yakıtta bu değerler birbirine çok yakın iken Doğal Gazda (yaklaşık %24 oranında H₂ içermesi nedeni ile) oldukça fazla farklılık gösterir. Bu nedenle %80, %90 gibi yanma verimleri konuşulurken bu verimlerin Net yada Gross ısı değerler bazında olduğu da mutlak belirtilmeli % e ısı kayıp miktarı ve gerekli dizayn-hesaplamaları buna göre yapılmalıdır.

4- DOĞAL GAZIN TEKNİK-YANMA İLE İLGİLİ SPESİFİKASYONLARI VE DİĞER YAKITLARLA KARŞILAŞTIRILMASI

Kompozisyonu : (mol yüzdesi olarak) Metan % 85 (min)

Etan % 7 (max)

Propan % 3 (max)

Bütan % 2 (max)

Pentan vd.HC % 1 (max)

CO₂ % 3 (max)

Azot % 5 (max)

C% (ağırlık bazında) : % 74.35

H% (ağırlık bazında) : % 23.71

Üst Isıl Değer (ortalama) 9055 kcal/nm³

Alt Isıl Değer 8250 kcal/nm³

Max CO₂ yüzdesi % 11.92

(stokiyometrik kuru bazda)

Gerektirdiği Teorik Hava miktarı : 10.98 m³ hava/m³ gaz

Teorik Atık Baca Gazı Miktarı :

Kuru bazda 8.76 m³/m³ Doğal gaz

Islak bazda 10.78 m³/m³ Doğal gaz

Yoğunluğu : 0.65-0.70 kg/m³

Baca Gazındaki Suyun Çiğ Noktası : 56 °C

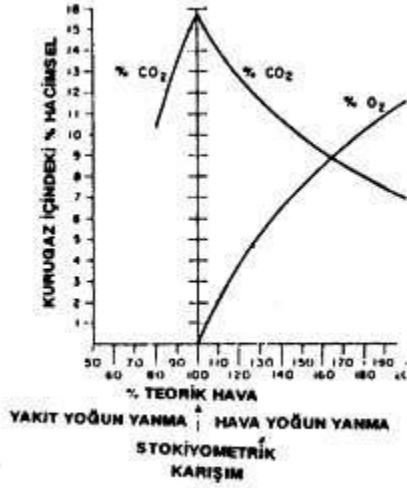
Yukarıdaki verilenlerden de görüleceği gibi doğal gaz içindeki karbon oranı kömür (%78) ve fuel oil (%86) den az olmasına karşılık hidrojen oranı kömür (% 3.5) den 7 kat, fuel oil (%11) den 2 kat daha fazladır. Hidrojen oranının artması ise baca gazındaki su buharını artırır. Ayrıca Doğal gaz içindeki Azot miktarı Fuel oil'den 35 kat, kömürden 2 kat fazla olmaktadır.

Diğer yakıtlarda muhtelif oranlarda bulunan okükürt, su buharı ve kül Doğal Gazda hiç yoktur. Bu doğal gazın diğer yakıtlara olan üstünlüğü gösterir. Doğal gazda yanma havası ihtiyacı diğer yakıtlara göre daha azdır. Baca gazlarındaki CO₂ oranı da düşüktür. Isıl değeri de diğer yakıtlardan fazladır. Isı kurum olmadığı için ısı transferi yüzeyleri kirlenmez v transferi engellenmez, bakım onarım gerektirmez.

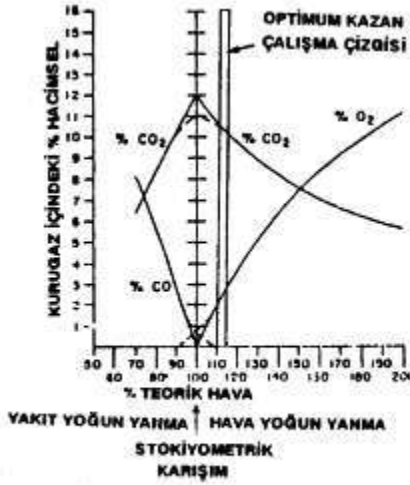
5- OKSİJEN ÖLÇÜMÜ

Oksijen ölçümü verimli bir yanma için gerekli fazla havanın sağlanmasında en güvenilir ve pratik bir yoldur. Fazla havanın tayininde başlangıçta orsat tipi CO₂ ölçümü kullanılmaktaydı. Çünkü o dönemlerde oksijen ölçümü bugün olduğu gibi hem teknik hem de ekonomik açıdan ticari kullanıma uygun bir teknolojiye sahip değildi.

Karbondioksit ve fazla hava oranı arasındaki korelasyon yakıt tiplerine göre büyük farklılıklar göstermesine karşın, oksijen ölçümü ile fazla hava oranı arasındaki korelasyon doğrudandır. Bu oksijen ölçümünün bir avantajını oluşturur. Oksijen ölçümünün bir diğer avantajı ise sadece fazla hava ile çalışılması durumunda ortaya çıkmasıdır. Halbuki CO₂ esaslı ölçümde, hava/yakıt oranının, fazla hava yönünde mi yoksa yoğun yakıt yönünde mi olduğuna dair tespit imkanına sahip değilsiniz.



ŞEKİL 1. Teorik Hava Eğrisi (Fuel Oil)



ŞEKİL 2. Teorik Hava Eğrisi (Doğal Gaz)

Çok yüksek hava oranı genellikle ideal değerden fazla yanma havası temini ile veya aşırı baca çekişi ile ortaya çıkar. Bu durumun karşılığında yine yetersiz yakıt teminidir. Aşırı fazla hava ile çalışma, baca gazı sıcaklığının artmasına ve önemli oranlarda verim kaybına yol açar. Burada kastedilen "aşırı hava" deyişini biraz daha açmak gerekecektir. Çünkü artan fazla hava ile birlikte sıcaklığında artması, bu fazla havanın belirli bir büyüklüğüne kadar geçerlidir.

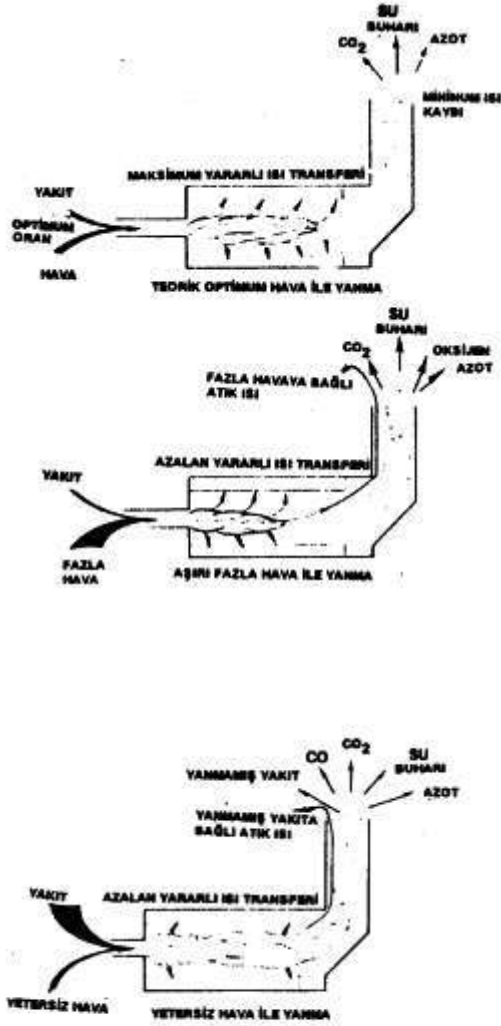
Genelde geçerli görülen %3 oksijen karşılığı %15 fazla hava, doğal gazlı bir yanma için ideal bir orandır. Bu oranın üzerindeki %5 ve hatta %7 ye kadar oksijen karşılığı fazla hava konumlarında kazana sağlanan oksijen, herhangi bir yanma işlemine girmeksizin doğrudan içerideki sıcaklığı alıp sıcaklığı artarak dışarı çıkacaktır. Ancak daha fazla aşırı hava konumuna ise yanma odasının sıcaklığının ve yanma dengesinin bozunması sonucunda atık gaz da sıcaklık artışı değil aksine azalış söz konusu olacaktır.

Hatta fazla hava nedeniyle tamamen azalan CO emisyonunda değişip, bozulan yanma dengesi ile birlikte ani tepe değerlere çıkacaktır. Fazla hava oranının yetersiz olması durumu ise yakıtla yanma havası miktarının az olması ve baca çekişinin düşük olması nedenlerine bağlanabilir. Bu durumda yoğun duman ve yüksek CO emisyonu ortaya çıkar. Şekillerde görüleceği gibi:

* Teorik/optimum yakıt/hava oranlı

* Aşırı fazla hava oranlı

* Yetersiz fazla hava oranlı tipik yanma durumlarına ait gösterimleri bulabilirsiniz.



ŞEKİL 3. Yanma Durumuna Göre Ortaya Çıkan Yanma Ürünleri

6 -SICAKLIK ÖLÇÜMÜ

Yanma verimi açısından en önemli parametrelerden biriside baca gazı sıcaklık ölçümüdür. Buradaki baca gazı sıcaklığından kastedilen "net değer" olup bacadaki ile yanma havası arasındaki fark sıcaklık anlaşılmalıdır.

Baca gazının ideal sıcaklık değerleri, kullanılan yakıt ve yakma sistemi ile doğrudan ilişkili olup, çok belirgin sınır değerler verebilmek mümkün değildir.

Örneğin kömür ve fuel-oil gibi kükürt içeriği fazla olan yakıtların, bacadaki SO₂/SO₃ bileşenleri ve su buharı ile 140-160 °C aralarında tepkimeye girerek H₂ SO₄ asiti oluşumuna yol açması nedeniyle sıcaklığın gazın atmosfere atış noktasına kadar bu değerinin altına düşürülmemesi önemli bir teknik sınırlamadır.

Gaz yakıtlarda, kükürt olmaması nedeniyle bu tür bir olumsuzluk olmamasına karşın, baca gazı içerisindeki su buharının yoğunlaşma sıcaklığı olan 55-60°C lik bir sınırın bulunduğu göz önünde tutulmalıdır. Doğal gazlı yakma sistemlerinde baca gazının atmosfere atıldığı noktaya kadar bu sıcaklığa düşmemesi için gerekli kazan çıkış baca gazı sıcaklığının ne olacağı, baca boyutları, uzunluğu ve izolasyon durumu ile belirlenen bir husustur. Özellikle dönüşüm öncesi kömür ile çalışan kazan bacaları, kömürlü yanma da açığa çıkan atık gaz miktarının fazlalığı nedeni ile doğal gaza kıyasla daha büyük kesitlerde olmaktadır. Bacanın, doğal gaza dönüştükten sonra aynı kesit de bırakılması halinde gaz geniş kesit nedeniyle daha yavaşlayacak ve süratle soğuyarak içindeki su buharı kondens olacaktır. Bu çoğunlukla tuğla/sıva yapıllı apartman kazan bacalarında bacaların yoğunlaşan su nedeniyle çürümesine yol açmaktadır. Ankara'daki doğal gaz uygulamalarında sonradan fark edilen bu sorun, bu tip

bacaların içine yoğuşan suyun tahliyesini de içeren çelik baca kılıfı ile çözümlenmeye çalışılmıştır.

Baca gazı sıcaklığı ile ilgili alt limitler, yukarıdaki açıklamalardan da anlaşılacağı gibi çoğunlukla önlem alınmadığında problem oluşturuca teknik nedenlerle belirlenmektedir. Bunun karşılığında ideal değerin üstündeki yüksek sıcaklıklarda, verimi düşüren en belirgin parametredir. Bu nedenle baca gazı sıcaklığının ölçümü ve kontrolü, yüksek verim ve düşük yakıt maliyeti açısından birincil önceliğine sahip olması gereken bir enerji tasarrufu çalışmasıdır.

Baca gazında düşürülmeyen yüksek sıcaklığın nedeni çok çeşitli olabilir.

Kazan kapasitesine kıyasla büyük seçilmiş brülör ve aşırı yakıt, yoğun yanma yada hatalı dizayn edilmiş eşanjör, başlangıçta tesisden kaynaklanan ve aşırı sıcaklık oluşturan başlangıç nedenler olarak sayılabilir. Yine hatalı dizayn nedenleri arasında sayılabilecek bir diğer hususta aşırı baca çekiş basıncıdır. Aşırı çekiş basıncı gazın yanma odasında kalış süresini kısaltarak ısı transferini azaltacak ve sonuçta yüksek baca gazı sıcaklığına neden olacaktır. Kirli ısı transfer yüzeyleri ve ideal değerin üzerindeki fazla hava oramda, diğer yüksek baca gazı sıcaklığını oluşturan nedenler arasında sayılabilir. Tüm bu nedenlerden hangisinin yüksek baca gazı sıcaklığını oluşturduğunu, baca gazında yapılacak, oksijen, karbondioksit, ısılık (doğal gaz da geçerli değildir) ve baca çekiş basıncı ölçümleri ile kolayca belirleyebiliriz.

7- CO/KARBONMONOKSİT ÖLÇÜMÜ

Karbonmonoksit ölçümü eksik-yetersiz yanmanın en iyi göstergesidir.

Yüksek CO emisyonunun nedenleri şöyle sıralanabilir.

-Alevin yanma odasındaki soğuk yüzeylere çarpması ve bunun sonucunda ateşleme için gerekli sıcaklığın altına düşülmesi ile o noktadaki yanmanın son bulması. Soğuk yüzeylere çarpması için alevin gereğinden çok daha fazla geniş hacime ulaşması ana neden olmakla birlikte, yanlış alev konumu ve hatalı yanma odası dizaynı da karşılaşılabilen diğer nedenlerdir.

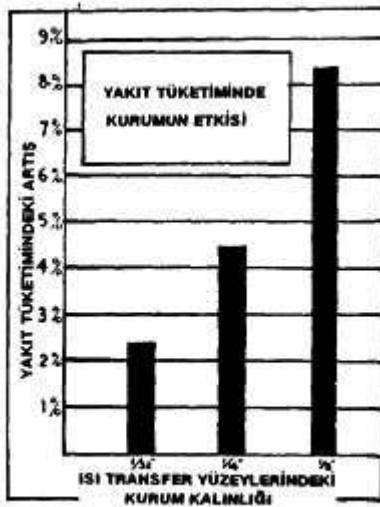
- Yetersiz yanma ve yüksek CO emisyonunun bir diğer nedeni de çok düşük baca çekişidir.

- Üçüncü neden olarak da gereğinden az miktarda fazla hava ile çalışma sayılabilir.

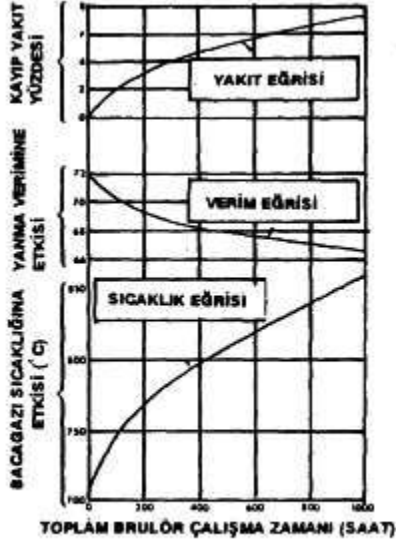
8- İSLİLİK (SMOKE) TESTİ

Her ne kadar Doğal Gaz'lı uygulamalarda söz konusu olmasa da çoğunlukla bilinmeyen ya da önemsenmeyen ıslilik testine fuel-oil kömür yakıtlı yanmalarda çok büyük verim kayıplarına yol açması nedeni ile değinmek yararlı olacaktır.

İslilik, yetersiz yanmanın en iyi bir göstergesidir. Yetersiz yanma sonucunda ısı transfer yüzeylerinde biriken kurum en iyi kalite bir ısı yalıtım gerecidir. Aşağıdaki grafikte tipik kurum kalınlıklarına karşın yakıt tüketimindeki artışı görebilirsiniz.



ŞEKİL 4. Yakıt Tüketiminde Kurumun Etkisi



ŞEKİL 5. TKurumun Yanmaya Etkileri

İslilik testi Bacharach skalasına göre numaralandırılır.

Bacharach tarafından yapılan bir dizi test çalışması sonucundaki çalışmaları özetleyen yukarıdaki grafik bu testin önemini daha da çarpıcı bir şekilde vurgulamaktadır.

Kurumlaşmanın artışı yetersiz hava, yetersiz baca çekişi basınç ve aşırı yakıtlı yanma ile ortaya çıkabilir. Bunların dışında brülör yakıt/hava karışım kafalarında ve memelerindeki hatalarla yakıt sıcaklık ve basınçlarındaki yanlışlıklar da buna neden olabilir. Baca gazlarının komple analizi ve islilik test sonuçları birlikte değerlendirilerek hata kaynağı yine net bir şekilde tespit edilebilir.

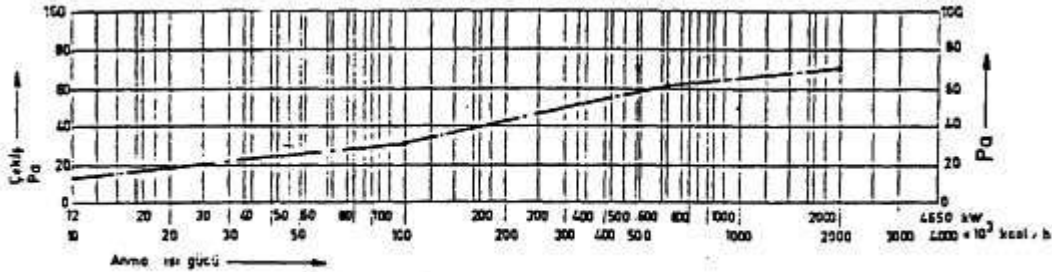
9. BACA ÇEKİŞ (DRAFT) BASINÇ ÖLÇÜMÜ

Verimli bir yanma tesisi için ölçümü gerekli bir parametredir baca çekiş basıncıdır. Bu değer yanma gazlarının kazan içerisinden geçiş hızını belirler. Çekiş ayrıca dışarıdan kazan içine emilecek ikincil hava miktarını da etkiler.

Aşırı çekiş basıncı fazla hava miktarını ve baca gazı net sıcaklığını artırır.

Çekiş başmandaki geçici dalgalanımlar, baca ile ilgili bazı problemlere (yetersiz kesit, yükseklik veya çatıdaki tıkanmalar) işaret eder.

Kazanın anma ısı göre gücüne istenen ideal çekiş oranlarına dair TS 4040 dan alınan grafik aşağıda verilmiştir.



ŞEKİL 3. Gazyakıt kazanlarından istenenler

10- YANMA VERİM HESABI VE İDEAL HAVA/YAKIT DEĞERLERİ

Yakıtların Kalorifik Değerlerinin tanımı ile ilgili bölümde de bahsedildiği gibi verim hesabı ve değerleri mutlaka brüt ya da net ısı değer belirtilerek hesaplanmalı ve verilmelidir. Ayrıca kazan verimi ile yanma veriminin farklı

kapsamlar içerdiğine de dikkat edilmelidir.

Yanma verimi hesabında göz önünde tutulması gerekli ısı kayıp kaynakları şu başlıklar altında toplanır. Burada herhangi bir yakıtta özgül belirleme yapılmamıştır. Özellikle a,b ve d verilen kayıplar tüm yakıtlar için geçerli iken c sadece katı yakıtlar için geçerlidir.

- Baca Gazı Duyulur Isı Kaybı (O₂ ve Baca Gazı Sıcaklığına Bağlı Kayıp)
- Baca Gazı Gizli Isı Kaybı (Nem ve Hidrojene Bağlı Kayıp)
- Yanmamış karbon ile oluşan kayıp (Katı yakıtlarda cüruftaki C ile ilgili kayıp)
- Yanmamış Gaz (CO gibi) ile oluşan kayıp

Yukarıda sayılan kayıplara ilave olarak Blöfle oluşan kayıp ve kazan dış yüzeyinin sıcaklığına bağlı olarak radyasyon ile oluşan kayıp miktarlarını da ilave ettiğinizde kazan verimini tespit edebilirsiniz.

Net Isıl Değer Bazında Yanma Verim Hesabı:

Burada verilecek olan dolaylı yöntem bazında yanma verim formülleri, elektronik baca gazı analiz cihazlarında da standart olarak programlı formüller olup ilgili ülkelerin standartlarında kabul görmüş kabul edilir yaklaşık hassasiyette sonuç vermektedir.

İngiliz standartını net ısı değer bazında verim hesabı aşağıda verilen formül ile hesaplanmaktadır.

$$\%VERİM_{net\ ısı} = 100 - (T_{gaz} - T_{hava}) \frac{K_1}{CO_2}$$

burada CO₂ ölçüldüğü varsayılmıştır.

$$\%VERİM_{net\ ısı} = 100 - (T_{gaz} - T_{hava}) \frac{K_2}{21 - O_2}$$

Burada O₂ ölçüldüğü varsayılmıştır.

Alman standardında ve Almanya orijinli ekipmanlarda kullanılan net ısı değer bazındaki yanma formülü ise aşağıda verildiği gibidir.

$$\%VERİM_{net\ ısı} = 100 - \left(\frac{A_1}{CO_2} + B \right) (T_{gaz} - T_{hava})$$

burada CO₂ ölçüldüğü varsayılmıştır.

$$\%VERİM_{net\ ısı} = 100 - \left(\frac{A_2}{21 - O_2} + B \right) (T_{gaz} - T_{hava})$$

Burada O₂ ölçüldüğü varsayılmıştır.

İngiliz standartına esas formülde kullanılan K₁ ile Alman standartına esas formülde kullanılan A₁ katsayıları aynıdır. K₂ ile de A₂ aynıdır.

| | $\frac{K_1}{A_1}$ | $\frac{K_2}{A_2}$ | B | CO ₂ |
|-----------|-------------------|-------------------|-------|-----------------|
| Fuel oil | 0.50 | 0.68 | 0.007 | 15.4 |
| Doğal gaz | 0.37 | 0.66 | 0.009 | 11.8 |
| Lpg | 0.42 | 0.63 | 0.008 | 13.0 |

Her ülkenin kullandığı formüllerin de verilmesi mevcut ekipmanların ölçüm sonuçları arasında oluşan farkın nedeninin izahına yöneliktir.

Doğal gaza özgül olarak formülü, yukarıdaki ilgili katsayıları yerine yerleştirerek ve ölçülen oksijenin yerine konulduğunda verim hesaplanabilecek daha pratik bir formata getirebiliriz.

$$\% \text{ VERIM}_{\text{net ısı}} = 100 - \left(\frac{0.66}{21 - O_2} + 0.009 \right) (T_{\text{gaz}} - T_{\text{hava}})$$

Yukarıdaki formüller kullanılarak hazırlanan Doğal Gaz Yanma Verim Tablosunu ekli sayfada bulabilirsiniz.

Oksijen ölçümü halinde CO₂ in ölçümüne gerek kalmaksızın aşağıdaki formül ile kolayca hesaplanabilir.

$$CO_2 = CO_2 \text{ max} \left[1 - \frac{O_2 \text{ ölçülen}}{21} \right]$$

Yine oksijen ölçümü halinde Fazla hava oranını kolayca ve aşağıdaki formülü kullanarak belirleyebilirsiniz.

$$\lambda = 1 + \frac{O_2}{21 - O_2}$$

Genelde kullanılmayan Brüt Isıl Değer bazında bir yanma verim hesabı ise a+b kayıplarının toplamının 100 den çıkarılması ile kolayca tespit olunur. Doğal Gaz'a özgün ilgili formül ise aşağıda verilmiştir.

$$\text{Yanma Verimi (Brüt CV)} = 100 - \left(0.666 \frac{T_{\text{gaz}} - T_{\text{hava}}}{21 - O_2} - 0.00828 [1121.4 + (T_{\text{gaz}} - T_{\text{hava}})] \right)$$

Baca gazında bulunması gereken ideal değerler; kapasite, kazan tipi, yakıcı ve benzeri birçok parametreye bağlı olarak değişir. Doğal gaza özgün olarak, genel bir yaklaşım oluşturmak üzere pratik koşullar da göz önünde tutularak aşağıdaki değerler önerilebilir.

Baca Gazındaki oksijen % si: %3 ile 5 arası

Baca Gazındaki CO emisyonu: Maksimum 100 ppm

Burada Çevre yönetmeliğinin 100 mg/rrr (80 ppm) sınır tayin ettiğini hatırlatırım.

Baca Gazı Sıcaklığı: Ortalama 150 °C

(Burada baca boyunca gazın atmosfere atılana kadar su buharının yoğuşma sıcaklığı olan 55 °C nin altına düşmemesi göz önünde bulundurulmalıdır).

Baca gazındaki NOx emisyonu: Yanma verimi açısından bir katkısı yoktur. Bu nedenle çevre yönetmeliğince belirtilen 500 mg/m³ (CV 380 ppm) sınıra uyulmalıdır.

Bu bölüm başlığı altında şu ana kadar sağlanan özlü bilgiler aşağıdaki alt bölümlerde daha detaylı olarak ve size referans bir kaynak teşkil edecek teknik nitelikler dahilinde verilmelidir.

10. A-YAKITLARIN KALORİFİK DEĞERLERİNİN HESABI

YAKITLARIN ELEMENTER ANALİZLERİNE ESAS;

BRÜT KALORİFİK DEĞER:

$$QH = 8100 \times C + 34000 \times H + 2500 \times S$$

NET KALORİFİK DEĞER:

$$QL = QH - 600 \times (9 \times H + W)$$

Burada QH ve QL Kcal/kg birimindedir. C,H,S ve W yakıt içindeki % Ağırlık bazındaki kısımlarıdır.

9= 18/2 si mol ağırlığının/H mol ağırlığına oranıdır. 600: Suyun gizli (latent) ısısıdır.

Botaş'tan temin olunan ve önceki bölümlerde verilen bilgiler doğrultusunda tarafınca hesaplanan elementer (C ve H) analize esas doğal gazın ısı değerleri.

$$\begin{aligned} Q_{H1} &= 8100 \times 0.7435 + 34000 \times 0.2371 + \text{ihmal} \\ &= 6022.35 + 8061.4 \\ &= 14084 \text{ kcal/kg veya } (0.70 \text{ kg/m}^3 \text{ ile}) \\ Q_H &= 9859 \text{ kcal/m}^3 \\ \hline Q_L &= 14084 - 600 \times (9 \times 0.2371 + \text{ihmal}) \times 0.70 \\ &= 14084 - 1280 \\ &= 12804 \text{ kcal/kg veya } (0.70 \text{ kg/m}^3 \text{ ile}) \\ Q_L &= 8963 \text{ kcal/m}^3 \end{aligned}$$

Bu değerleri %84.49 C, %11.28 H ve % 3.17 S içeren tipik bir fuel oil ile karşılaştırdığımızda.

$$\begin{aligned} Q_{H2} &= 8100 \times 0.8449 + 34000 \times 11.28 + 2500 \times 0.0317 \\ &= 6844 + 3835 + 79 \\ Q_{H2} &= 10758 \text{ kcal/kg} \\ \hline Q_L &= 10758 - 600 \times (9 \times 0.1128 + \text{ihmal}) \\ &= 10758 - 609 \\ Q_L &= 10149 \text{ kcal/kg} \end{aligned}$$

Buradan da görüleceği gibi Doğal Gaz da Brüt ve Net kalorilik değer arasında çok önemli bir fark söz konusu iken bu fark 6 numara fuel oil de çok az kömürde ise (yaklaşık %3.5 H2 içermesi nedeni ile) ihmal edilecek düzeydedir.

10. B-TEORİK HAVA GEREKSİNİM HESABI

Detay hesapları için:

$$\begin{aligned} \text{Hava gereksinimi} &= 2.31 \times \frac{100}{21} \\ &= 11 \text{ m}^3 * \end{aligned}$$

| Gaz Bileşeni | 1 mol bileşeni yakmak için gerekli O ₂ mol'ü | Bileşenin Gaz içindeki hacmi | Gaz için gerekli O ₂ m ³ /m ³ gaz |
|--------------------------------|---|------------------------------|--|
| CH ₄ | 2 | 0.85 | 1.7 |
| C ₂ H ₆ | 3 1/2 | 0.07 | 0.25 |
| C ₃ H ₈ | 5 | 0.03 | 0.15 |
| C ₄ H ₁₀ | 6 1/2 | 0.02 | 0.13 |
| C ₅ H ₁₂ | 8 | 0.01 | 0.08 |
| | | | 2,31 |

*Not: Buradaki gaz bileşen oranları BOTAŞ'tan alınmış olup toplamı diğer CO₂ ve N₂ la birlikte %106 ya varmaktadır. Elde %100 lük bir bileşen analizi yoktur.

Bu nedenle ortalama 9.80 veya 10 m hava/m gaz kabul edilmektedir.

Ya da "ROSİN FORMULA" olarak bilinen basitleştirilmiş formülü kullanabilirsiniz. Çeşitli yakıtlar için Teorik hava hesabına dair Rosin Formülü aşağıda verilmiştir.

| Yakıt | Ao (Teorik Hava) Formülü |
|------------|--|
| Katı Yakıt | $\left[\frac{1.01 \times QL}{1000} + 0.5 \right] \text{ Nm}^3/\text{kg Fuel}$ |
| Sıvı Yakıt | $\left[\frac{0.85 \times QL}{1000} + 2 \right] \text{ Nm}^3/\text{kgF}$ |
| Gaz Yakıt | $\left[\frac{1.09 \times QL}{1000} - 0.25 \right] \text{ Nm}^3/\text{Nm}^3$ |

Örneğin 8963 Kcal/Nm³ lük Doğal gaz için

$$\frac{1.09 \times 8963}{1000} - 0.25 = 9.52 \text{ Nm}^3 \text{ hava/Nm}^3 \text{ Gaz}$$

10.C- TEORİK GAZ MİKTARI HESABI

Bunun için de yine ya aşağıdaki detay hesapları

a) Kuru Bazda

I) CO₂ katkısı

| Gaz Bileşeni | Bileşenin Gaz içindeki hac. yüzdesi | 1 m ³ gaz yanışı sonrası CO ₂ |
|--------------------------------|-------------------------------------|---|
| CH ₄ | 0.85 | 0.085 |
| C ₂ H ₆ | 0.07 | 0.14 |
| C ₃ H ₈ | 0.03 | 0.09 |
| C ₄ H ₁₀ | 0.02 | 0.08 |
| C ₅ H ₁₂ | 0.01 | 0.05 |
| Toplam | | 1.21 m ³ |

II) Yakıt içindeki Azot ile = 0.05

III) Yakıt içindeki CO₂ ile = 0.03

IV) Yanma Hava içindeki Azot ile = 7.663 m³

Kuru bazda 1 m³ doğal gazın yanması sonucunda

Toplam CO₂ = 1.21

N₂ = 7.69

Teorik Atık Kuru Gaz 8.9 m³ kuru gaz atılır.

b) Nemli Bazda ise:

Kuru gaz+su miktarıdır. Bunun için;

| Gaz Bileşeni | Bileşenin Gaz içindeki hac. yüzdesi | Suyun Mol Sayısı | Su buharı hacmi, m ³ |
|--------------------------------|-------------------------------------|------------------|---------------------------------|
| CH ₄ | 0.85 | 2 | 1.7 |
| C ₂ H ₆ | 0.07 | 3 | 0.21 |
| C ₃ H ₈ | 0.03 | 4 | 0.12 |
| C ₄ H ₁₀ | 0.02 | 5 | 0.10 |
| C ₅ H ₁₂ | 0.01 | 6 | 0.06 |
| Toplam | | | 2.19 m ³ |

Böylece toplam teorik baca gazı miktarı = 8.9+2.19

Teorik Atık Baca Gazı = 11.1 m³ olacaktır.

Yada yine "ROSİN FORMULA" kullanılarak hesap edilebilir.

Bu formüller aşağıda verilmektedir.

| Yakıt | Go (Teorik Atık Gaz) Formülü |
|------------|---|
| Katı Yakıt | $\left \frac{0.89 \times QL}{1000} + 1.65 \right \text{ Nm}^3/\text{kg Fuel}$ |
| Sıvı Yakıt | $\left \frac{1.11 \times QL}{1000} \right \text{ Nm}^3/\text{kgFuel}$ |
| Gaz Yakıt | $\left \frac{1.14 \times QL}{1000} - 0.25 \right \text{ Nm}^3/\text{Nm}^3$ |

10.D- HAVA FAZLALIK KATSAYISI HESABI

$$\text{Fazla Hava Oranı, } m = \frac{21}{21 - (\text{O}_2)} \times \text{Baca gazındaki O}_2 \text{ yüzdesi}$$

10-E GERÇEK TOPLAM BACA GAZI MİKTARI

$$G = G_0 + (M-1) \times A_0$$

Burada teorik toplam atık gaz miktarını daha önce hesap etmiş olduğumuz 11.1 m³ olarak alır ve baca gazındaki O₂ yüzdesini de 5 olarak ölçtüğünüzü varsayarak örnekleme yapacak olursak

$$G = 11.1 + (1,3125-1) \times 11$$

$$G = 11.1 + 3.44$$

$$G = 14.54 \text{ Nm}^3 \text{ olarak bulunur.}$$

10.F- BACA GAZI İLE TAŞINAN ISI HESABI

Burada önemli olan baca gazının spesifik ısısı olup, 100 ile 300 °C aralığında 0.33 kcal/m³ °C olarak alınır.

$$Q = G \times C_{px} \times (T - T_0) \text{ burada;}$$

G : Toplam atık gaz miktarı

T : Baca gazı sıcaklığı °C

T₀ : Ortam sıcaklığı °C dir.

Örnek olarak bir önceki bölümde ele aldığımız %5 oksijen ölçümlü uygulamada baca gazı sıcaklığının 200 °C ve ortam sıcaklığının da 30 °C olduğunu düşünürsek baca gazı ile taşınan ısı miktarının

$$Q = 14.54 \times 0.33 \times (200 - 30)$$

$$= 14.54 \times 0.33 \times 170$$

$$= 815.7 \text{ kcal/Nm}^3 \text{ yakıt olarak bulunur.}$$

10.G- YANMA VERİM FORMÜLLERİNDE VERİLEN KATSAYILARIN HESABI

Daha önceki bölümlerde verilen K₁, K₂, B ve CO₂ max katsayıları her ülke de kullanılan yakıt karakteristiklerine göre hesaplanarak kaynaklarda sadece bir rakam olarak verilmektedir. Bu değerler kullanılan yakıtın kaynağı ve teknik özelliklerine bağlı olarak önemli farklılıklar taşımaktadır.

Örneğin K₁ ya da A₁ katsayısı doğal gazın menşesine ve kimyasal özelliklerine bağlı olarak 0.37 ile 0.44 arası değişebilmektedir. Ayrıca bizde kullanılan linyitin eşdeğeri Avrupa da bulunmadığı için kömür olarak verilen değerler genelde taş kömürü evsafında olup kesinlikle linyiti temsil edememektedir. Bu hata paylarını kabul ederek yaklaşım yapılmak istenilmediği durumda, kullanılan yakıtta ait elementer analizler biliniyorsa bu katsayılar ülkemizde kullanılan yakıtlara özgün olarak da hesaplanabilir.

$$K_1 = \frac{291.6 (\%C, \text{ ağırlıksal) Net CV}}{(\text{Brüt CV})^2}$$

(burada Net ve Brüt CV değerlerini kj/kg cinsinden alınmıştır.)

$$\text{CO}_2 \text{ max} = \frac{\left(\frac{C_{\text{Fuel}}}{12} \right)}{\left[\frac{4.78 C_{\text{FUEL}}}{12} \right] + \left[\frac{1.89 H_{\text{FUEL}}}{2} \right]}$$

(Buradaki C_{FUEL} ve H_{FUEL} yakıt içindeki ağırlıksal yüzdeleridir.)

$$B = \frac{[(\% \text{ ağırlıksal H}_2\text{O} + 9\% \text{ Ağırlıksal H}_2)] 2.1}{\text{Brüt CV}}$$

$$K_2 = \frac{K_1 \times 21}{\text{CO}_2 \text{ max}}$$

11. BACA GAZI ANALİZ CİHAZLARI

Şu ana kadar sağlanan bilgiler ışığına kazanınızdan maksimum verim alabilmemiz için bir baca gazı analiz cihazı alma kararına vardığınızda gerek teknik gerekse de ekonomik açıdan doğru seçiminize yönelik aşağıdaki kriterlere ve seçeneklere dikkat etmeniz yararlı olacaktır.

Öncelikli olarak bir baca gazı analiz cihazının yanma ile ilgili şu üç temel parametreyi mutlak ölçümü istenmeli ve aranmalıdır.

- * Baca Gazındaki O₂ yüzdesi
- * Baca Gazı Sıcaklığı
- * Baca Gazındaki CO emisyonu

Sadece O₂ ve Sıcaklık, O₂ veya sadece CO tamamen faydasız bir yatırım olacaktır.

Bu üç temel parametreyi elektronik, otomatik ve portatif olarak ölçen bir cihaz sizler için ilk ve en ekonomik seçenek olacaktır.

İkinci seçenekte ise yukarıdakilere ilave olarak

- * Baca çekiş basıncı ölçümü
- * İslilik ölçümü (sadece doğal gazlı yanmalar için zorunlu değildir.)
- * CO₂ yüzdesi hesabı
- * Verim yüzdesi hesabı
- * Fazla hava oranı hesabı
- * Muhtelif yakıt seçim imkanı (Doğalgaz, LPG, Fuel Oil, Kömür v.b.)

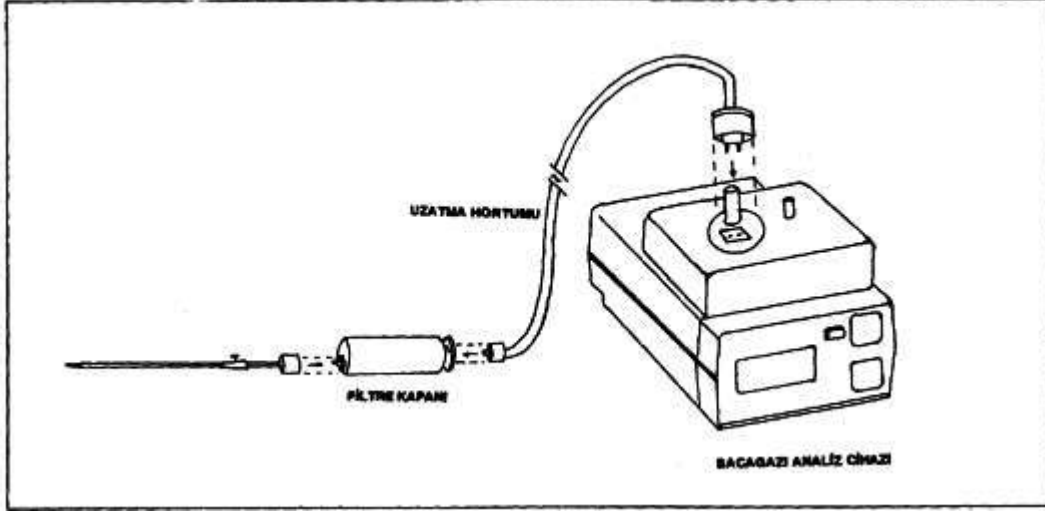
Üçüncü seçenekte ise, tüm yukarıdakilere ilave olarak cihazın ölçüm ve hesaplama parametrelerini kayıtlı birer veri haline dönüştüren PRINTER h olması alternafi düşünülebilir.

Çeşitli firmalarca üretilen baca gazı analiz cihazlarının kullandıkları hissedici eleman ve hassasiyetleri açısından birbirlerine olan önemli farklılıkları yoktur. O₂, CO, NO_x gibi gazlar elektrokimyasal hücre esaslı sensörlerle, sıcaklık NiCrNi termokupl kullanılarak tespit edilmeli ve genelde de böyle edilmektedir.

Koruyucu sistem donatımları (toz, su filtreleri, gaz filtreler, elektronik soğutma devreleri) açılarından farklılık göstermekte ve çıkartılabilmektedirler. Ayrıca, span kalibrasyonunun ve servisinin yapılabilmesi imkanları da

yerli mmessilliklerine bağlı olarak farklılık göstermektedirler.

Tipik bir baca gazı analiz cihazına ait temsili resim, parça ve donanımların tanıtılması aşağıda verilmektedir.



DOĞAL GAZ YANMA VERİM TABLOSU

| Oy % | Net Sıcaklık (°C) (T _{gav} -T _{oda}) | | | | | | | | | | | | | | | | % Fazla Hava | % CO ₂ | |
|---------|---|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------------|------|
| | 80 | 100 | 120 | 140 | 160 | 180 | 200 | 220 | 240 | 260 | 280 | 300 | 320 | 340 | 360 | 380 | | | 400 |
| 1 | 96.6 87.4 | 95.8 86.6 | 95.0 85.8 | 94.1 84.9 | 93.3 84.1 | 92.4 83.3 | 91.6 82.5 | 90.8 81.6 | 89.9 80.8 | 89.1 80.0 | 88.2 79.2 | 87.4 78.3 | 86.6 77.5 | 85.7 76.7 | 84.9 75.9 | 84.0 75.0 | 83.2 74.2 | 5.0 | 11.2 |
| 1.5 | 96.6 87.3 | 95.7 86.5 | 94.9 85.7 | 94.0 84.8 | 93.1 84.0 | 92.3 83.1 | 91.4 82.3 | 90.6 81.4 | 89.7 80.6 | 88.9 79.8 | 88.0 78.9 | 87.1 78.1 | 86.3 77.2 | 85.4 76.4 | 84.6 75.5 | 83.7 74.7 | 82.9 73.9 | 7.07 | 11 |
| 2 | 96.5 87.3 | 95.6 86.4 | 94.8 85.6 | 93.9 84.7 | 93.0 83.8 | 92.1 83.0 | 91.3 82.1 | 90.4 81.3 | 89.5 80.4 | 88.6 79.5 | 87.8 78.7 | 86.9 77.8 | 86.0 76.9 | 85.1 76.1 | 84.3 75.2 | 83.4 74.4 | 82.1 73.1 | 10.5 | 10.7 |
| 2.5 | 96.4 87.2 | 95.6 86.3 | 94.6 85.4 | 93.7 84.6 | 92.9 83.7 | 92.0 82.8 | 91.1 81.9 | 90.2 81.0 | 89.3 80.2 | 88.4 79.3 | 87.5 78.4 | 86.6 77.5 | 85.7 76.6 | 84.8 75.8 | 83.9 74.9 | 83.0 74.0 | 82.1 73.1 | 13.5 | 10.4 |
| 3 | 96.3 87.1 | 95.4 86.2 | 94.5 85.3 | 93.6 84.4 | 92.7 83.5 | 91.8 82.6 | 90.9 81.7 | 90.0 80.8 | 89.0 79.9 | 88.3 79.0 | 87.2 78.1 | 86.3 77.2 | 85.4 76.3 | 84.5 75.4 | 83.6 74.5 | 82.6 73.6 | 81.7 72.7 | 16.7 | 10.1 |
| 3.5 | 96.3 87.0 | 95.3 86.1 | 94.5 85.2 | 93.5 84.3 | 92.5 83.4 | 91.6 82.4 | 90.7 81.5 | 89.7 80.6 | 88.8 79.7 | 87.9 78.8 | 86.9 77.8 | 86.0 76.9 | 85.1 76.0 | 84.1 75.1 | 83.2 74.2 | 82.2 73.2 | 81.3 72.3 | 20 | 9.8 |
| 4 | 96.2 86.9 | 95.2 86.0 | 94.3 85.1 | 93.3 84.1 | 92.3 83.2 | 91.4 82.2 | 90.4 81.3 | 89.5 80.4 | 88.5 79.4 | 87.6 78.5 | 86.6 77.5 | 85.7 76.6 | 84.7 75.6 | 83.7 74.7 | 82.8 73.8 | 81.8 72.8 | 80.9 71.9 | 23.5 | 9.6 |
| 4.5 | 96.1 86.9 | 95.1 85.9 | 94.1 84.9 | 93.1 84.0 | 92.2 83.0 | 91.2 82.0 | 90.2 81.1 | 89.2 80.1 | 88.2 79.1 | 87.3 78.2 | 86.3 77.2 | 85.3 76.2 | 84.3 75.3 | 83.3 74.3 | 82.4 73.3 | 81.4 72.4 | 80.4 71.4 | 27.3 | 9.3 |
| 5 | 96.0 86.6 | 95.0 85.6 | 94.0 84.6 | 93.0 83.6 | 92.0 82.6 | 91.0 81.6 | 90.0 80.5 | 89.0 79.8 | 88.0 78.8 | 87.0 77.8 | 86.0 76.8 | 85.0 75.9 | 84.0 74.9 | 83.0 73.9 | 82.0 72.9 | 81.0 71.9 | 80.0 70.9 | 31.3 | 9 |
| 5.5 | 95.9 86.6 | 94.8 85.6 | 93.8 84.6 | 92.8 83.6 | 91.7 82.6 | 90.7 81.6 | 89.7 80.5 | 88.7 79.5 | 87.6 78.5 | 86.6 77.5 | 85.6 76.5 | 84.5 75.5 | 83.5 74.4 | 82.5 73.4 | 81.4 72.4 | 80.4 71.4 | 79.4 70.4 | 35.5 | 8.7 |
| 6 | 95.8 86.5 | 94.7 85.5 | 93.6 84.4 | 92.6 83.4 | 91.5 82.4 | 90.5 81.3 | 89.4 80.3 | 88.3 79.2 | 87.3 78.2 | 86.2 77.1 | 85.2 76.1 | 84.1 75.0 | 83.0 74.0 | 82.0 72.9 | 80.9 71.9 | 79.9 70.8 | 78.8 69.8 | 40 | 8.4 |
| 6.5 | 95.6 86.4 | 94.5 85.3 | 93.5 84.3 | 92.4 83.2 | 91.3 82.2 | 90.2 81.0 | 89.1 80.0 | 88.0 78.9 | 86.9 77.8 | 85.8 76.7 | 84.7 75.7 | 83.6 74.6 | 82.6 73.5 | 81.5 72.4 | 80.4 71.3 | 79.3 70.3 | 78.2 69.2 | 44.8 | 8.1 |
| 7 | 95.5 86.3 | 94.4 85.2 | 93.3 84.1 | 92.1 83.0 | 91.0 81.8 | 89.9 80.7 | 88.8 79.6 | 87.6 78.5 | 86.5 77.4 | 85.4 76.3 | 84.3 75.2 | 83.2 74.1 | 82.0 73.0 | 80.9 71.9 | 79.8 70.8 | 78.7 69.7 | 77.5 68.5 | 50 | 7.9 |
| 7.5 | 95.4 86.1 | 94.2 85.0 | 93.1 83.9 | 91.9 82.7 | 90.7 81.6 | 89.6 80.4 | 88.4 79.3 | 87.3 78.1 | 86.1 77.0 | 84.9 75.9 | 83.8 74.7 | 82.6 73.6 | 81.5 72.4 | 80.3 71.3 | 79.2 70.1 | 78.0 69.0 | 76.8 67.8 | 55.6 | 7.6 |
| 8 | 95.2 86.0 | 94.0 84.8 | 92.8 83.6 | 91.6 82.4 | 90.4 81.3 | 89.2 80.1 | 88.0 78.9 | 86.9 77.7 | 85.7 76.5 | 84.5 75.4 | 83.3 74.2 | 82.1 73.0 | 80.9 71.8 | 79.7 70.6 | 78.5 69.5 | 77.3 68.3 | 76.1 67.1 | 61.5 | 7.3 |
| 8.5 | 95.1 85.8 | 93.8 84.6 | 92.6 83.4 | 91.3 82.2 | 90.1 80.9 | 88.9 79.7 | 87.6 78.5 | 86.4 77.3 | 85.2 76.1 | 83.9 74.8 | 82.7 73.6 | 81.5 72.4 | 80.2 71.2 | 79.0 69.9 | 77.8 68.7 | 76.5 67.5 | 75.3 66.3 | 68 | 7 |
| 9 | 94.9 85.7 | 93.6 84.4 | 92.3 83.1 | 91.0 81.9 | 89.8 80.6 | 88.5 79.3 | 87.2 78.1 | 85.9 76.8 | 84.6 75.5 | 83.4 74.3 | 82.1 73.0 | 80.8 71.7 | 79.5 70.5 | 78.2 69.2 | 77.0 67.9 | 75.7 66.7 | 74.4 65.4 | 75 | 6.7 |
| 9.5 | 94.7 85.5 | 93.4 84.1 | 92.0 82.8 | 90.7 81.5 | 89.4 80.2 | 88.0 78.9 | 86.7 77.6 | 85.4 76.3 | 84.1 75.0 | 82.7 73.6 | 81.4 72.3 | 80.1 71.0 | 78.8 69.7 | 77.4 68.4 | 76.1 67.1 | 74.8 65.8 | 73.4 64.4 | 82.6 | 6.5 |
| 10 | 94.5 85.3 | 93.1 83.9 | 91.7 82.5 | 90.3 81.2 | 89.0 79.8 | 87.6 78.4 | 86.2 77.0 | 84.8 75.5 | 83.4 74.3 | 82.1 73.0 | 80.7 71.6 | 79.3 70.2 | 77.9 68.9 | 76.5 67.5 | 75.2 66.1 | 73.8 64.8 | 72.4 63.4 | 90.9 | 6.2 |

SONUÇ

Verimli ve sürekli artan çevre bilincinin bir zorlaması olarak zorunlu bir gereksinim haline gelen temiz yanma için, doğal gaz gibi bir yakıt kullanıcıya oldukça büyük imkanlar sunmaktadır.

Ancak, doğal gaz'ın verimli ve temiz yanan değil yakılabilen bir yakıt olduğu kesinlikle unutulmamalıdır. Bu ise kesinlikle yakıt/hava oranının ideal seviyelerle ayarlanabilmesi ile olasıdır.

Yakıt/hava oranının tespiti ve ayarında diğer yakıtlarda kısmen de olsa bir fikir verebilen alev rengi/is-kurum oluşumu gibi göstergelere dayalı görsel veriler, doğal gaz kesinlikle bir fikir verememektedir. Elektronik baca gazı analiz cihazları ile son derece hassas bir şekilde O ile 5-6 ppm aralığına kadar çekilebilen karbonmonoksit değeri, bir noktadan sonra görsel hiçbir veri sunmadan birden 5000-10000 ppm lere çıkabilmektedir.

Yani İstanbul gibi hava kirliliği açısından çok kritik düzeylere gelmiş kentlerimiz için bir kurtuluş olarak görülen doğal gaz da, bilinçli bir şekilde ayarlanmadan yakıldığında, diğer yakıtlardan farksız kirlilik kaynağı oluşturabilmektedir.

Ankara ve Bursa da uygulanan doğal gaz dönüşümlerinde kazanların devreye alma işlemlerinde, baca gazı analiz cihazları kullanımı bir zorunluluk olarak uygulanmaktadır. Ancak bu uygulama İstanbul'daki dönüşümlerde bir zorunluluk olarak uygulanmaktadır. Zorunluluk olmamasına rağmen, sektörde bilinçli ve sorumlu hizmet sunan müteahhit kuruluşlar ve servis bayileri ölçümleri İstanbul'daki uygulamalarda da gerçekleştirmektedir.

Hangi yakıt kullanılırsa kullanılsın, yakıt tasarrufunun bir diğer önemi de kuşkusuz, son günlerde sürekli artış gösteren yakıt fiyatları ve bunun sonucunda artan ürün maliyetleri ile rekabet şansına olan etkisidir. Ülkemizdeki işletmelerin büyük bir çoğunluğu, ne yazık ki bir türlü oluşamayan gerçek anlamdaki serbest piyasa rekabet koşullarının yokluğu nedeniyle ne AR-GE bölümleri oluşturmak ne de gerçek anlamda enerji tasarrufu çalışmalarını hayata geçirmek gibi bir çaba içinde olmalıdır. Bugüne kadar bunu gerçekleştirmemekle, ticari açıdan çok fazla bir şey kaybettiklerini söylemekte mümkün değildir.

Ancak, bugünlerde çok sıkça söz konusu edilen Avrupa Birliğine giriş sürecinde bulunan bir ülkenin kuruluşları gerçek anlamda ve kıyasıya bir rekabete hazırlıklı olmaları kaçınılmazdır. Bu noktada da çok küçük yatırımlarla çok önemli geri kazanımlar sağlayan enerji tasarrufu oldukça önem kazanmaktadır.

Ancak bu anlamdaki sonuç alınabilir en tutarlı ve köklü yaklaşım hem enerji tasarruf projelerini hem de üretilen ürün ile ilgili yenileme, geliştirme, iyileştirme ve yönelik araştırma, geliştirme çalışmalarını yürütecek gerçek anlamdaki ARGE bölümlerinin derhal uygulamaya geçirilmesi olacaktır.