T.C
TRAKYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YOĞUŞMALI KOMBİ TEKNOLOJİLERİNİN ÇEVRESEL, EKONOMİK KAZANIMLARI VE YENİ HEDEFLER

Mak. Müh. Fahri Umut ERTÜR

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı
Tez Yöneticisi: Prof. Dr.İng. Ahmet CAN

EDİRNE-2010

T.C

TRAKYA ÜNÜVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YOĞUŞMALI KOMBİ TEKNOLOJİSİNİN ÇEVRESEL VE EKONOMİK KAZANIMLARI VE YENİ HEDEFLER

F.UMUT ERTÜR

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Tez Yöneticisi: Prof. Dr.İng. Ahmet CAN

EDİRNE-2010

T.C

TRAKYA ÜNÜVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Yoğuşmalı Kombi Teknolojilerinin

Çevresel , Ekonomik Kazanımları ve Yeni Hedefler

Makine Mühendisi Fahri Umut ERTÜR

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Bu tez 18 / 06 / 2010 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından kabul edilmiştir

Prof. Dr. İsmail EKMEKÇİ

Jüri Üyesi

Yrd. Doç. Dr. Doğan ERYENER

Jüri Üyesi

Prof. Dr.İng. Ahmet CAN

Jüri Üyesi - Tez Danışmanı

ÖZET

Türkiye'nin doğalgaz tüketim oranları ve Dünya da ki enerji politikaları inceledi. Bu konuda gelecekte çevresel zorunluluklar sebebi ile yapılan düzenlemeler ve protokoller araştırıldı. Yoğuşma teknolojisine sahip bir kombinin doğalgazı yakarken üst ısıl değerden nasıl yararlandığı teorik olarak hesaplandı. Bu hesaplamalar sonucunda ortaya çıkan kullanım şekilleri ve bu kullanım şekillerinin oluşturduğu emisyon farklılıkları deneysel olarak ölçtüldü. Yoğuşma teknolojisi içerisinde geliştirilen ön karışımlı brülör uygulamasının yanma verimine etkisi deneysel olarak incelendi. Çevresel ve ekonomik olarak yoğuşma teknolojisinin konutlarda ısınma ve sıcak kullanım suyu elde etmek için zorunlu bir teknoloji olduğu ve bu durumun tüketiciler tarafından tercih edilme oranlarını göstermek için Türkiye kombi pazarında son on yıl içerisinde kullanılan teknolojilerin değişimi sayısal olarak gösterildi. Tüketicinin bilinçlenmesi sonucunda bu eğilimin Ülke ekonomisine ve çevreye olan katkılarıda dikkate alındığında ulusal bir politika olarak desteklenmesi gereken bir gelişme olduğu sonucuna varıldı.

Anahtar Kelimeler: Kombi, Yoğuşma, Üst Isıl Değer, Ön Karışımlı Yanma, Kyoto Ptotokolü, Asit Yağmurları, Doğal Gaz, BEP (Binalar da Enerji Ve Performans Yönetmeliği)

ABSTRACT

I examined natural gas consumption rates in Turkey and global energy policies. I also analysed regulations and protocols prepared due to environmental obligations. I realised a theoretical calculation on the usage of upper thermal value by a condensing boiler while burning the natural gas. I realized experimental calculations regarding emission differences created by different usage types arisen from these theoretical calculations. I experimentally analysed the effect of the pre-mixed burner application which is developed in condensation technology, on burning efficiency. I came to the conclusion that, condensation technology is a requisite for heating and hot water fpr domestic usage, both in terms of environment and economic concerns. In the scope of this conclusion, I calculated the economic profit of a renewal policy in the Turkish boiler market.

ÖNSÖZ

Kombiler de yoğuşma teknolojisi Tüm avrupa'da bireysel sistemlerde öncelikli ısıtma teknolojisi olarak kullanılmaktadır. Bu teknolojinin yaygınlaşmasının kullanıldığı sistemlerde doğalgaz tüketim değerlerini düşüreceği gibi çevresel anlamda da büyük yararları bulunmaktadır. Yoğuşmalı kombilerin konvansiyonel kombilere göre verimlerinin farklılığını doğalgazın üst ısıl değerendin istifade ederek yarattığı ekonomik avantajı hem teorik hemde deneysel olarak inceledim. Bu çalışma ile yoğuşmalı kombilerin çalıştırılacağı sıcaklık aralıklarının sebep olduğu verim ve emisyondaki farklı sonuçlarınıda göstermeye çalıştım. Tüm bu sonuçları Türkiye'nin enerji politikası ve yürürlükteki yasalar nezdinde sonuçlarını araştırdım. Yaptığım yüksek lisans tez çalışmasının sonucunda yoğuşma teknolojisinin gelecekte doğalgazın ısınma ve sıcak kullanım suyu elde etmek için yakılmasında kullanımının zorunlu olacağını öngördüm

Bu tez çalışması sırasında ilgi ve desteğini esirgemeyen başta danışman hocam Prof.Dr.İng. Ahmet CAN'a ve Yrd.Doç.Dr. Doğan ERYENER'e deneysel çalışmalar için akredite kombi test labratuvarlarını kullanma şansını veren işverenim Sn Dr.Murat AKDOĞAN'a, aileme ve eşim Merve ELMAS ERTÜR'e teşekkürü bir borç bilirim

İÇİNDEKİLER

ÖZET..... iv

ABSTRACT..... iv

ÖNSÖZ..... iv

İÇİNDEKİLER.....v

KISALTMALAR.....ivi

SİMGELER.....ivx

ŞEKİL LİSTESİ..... .iv

ÇİZELGE LİSTESİ.....xv

BÖLÜM1.....1
1.1 DÜNYADA ENERJİ KULLANIMI.....1
1.2 TÜRKİYEDE FOSİL YAKIT KULLANIM ORANLARI.....2
1.2.1ÇEVRE VE ORMAN BAKANLIĞI'NIN EMİSYON AZALTMA ÇALIŞMALARI.....4
1.3DOĞALGAZ'IN EVLERDE KULLANIM ŞEKİLLERİ.....7
1.3.1 KONUTLARDA BİREYSEL ISITMA.....8
BÖLÜM 2.....10
2.1KYOTO PROTOKOLU.....10
2.1.1 KYOTO PROTOKOLÜ'NÜN TEMEL PRENSİPLERİ.....11
2.1.2 UYGULANAN POLİTİKALAR VE ALINAN ÖNLEMLER.....12
2.2 SERA GAZLARININ AZALTILMASI VE ASİT YAĞMURLARI.....14
2.2.1 EMİSYONLARIN ÇEVREYE VERDİĞİ ZARARLAR.....19
2.2.2 SERA ETKİSİNDEKİ ARTIŞ ORANI.....21
BÖLÜM 3.....25
3.1 KOMBİ CİHAZLARI.....25
3.1.1 BACALI KOMBİLER.....26
3.1.2 HERMETİK KOMBİLER.....28
3.2.1 TEK EŞANJÖRLÜ KOMBİLER.....29
3.2.2 ÇİFT EŞANJÖRLÜ KOMBİLER.....31
3.3.1 ÜÇ EŞANJÖRLÜ YOĞUŞMALI KOMBİLER.....32
3.3.2 PREMİX YOĞUŞMALI KOMBİLER.....34
3.4.1 KOMBİLERİN ÇALIŞMA PRENSİPLERİ.....35
3.4.2 KOMBİLERİN KULLANICILARA SAĞLADIĞI AVANTAJLAR.....36
3.5 KOMBİ ATEŞLEME SİSTEMİNDE OTOMASYON.....36

3.6 KOMBİLERDE SÜREKLİ ARTTIRILMAYA ÇALIŞILAN KULLANIM VERİMİ.....38
3.7 DOĞALGAZ'IN ÖZELLİKLERİ.....41
3.7.1 DOĞALGAZ'IN FARKLI YAKITLAR İLE KARŞILAŞTIRILMASI.....45
3.8.1 DOĞALGAZ'IN YANMASI.....51
3.8.2 KOMBİ CİHAZLARINDA DOĞALGAZ'IN YANMASI.....56
3.8.3 YANMA ÇEŞİTLERİ.....59
3.8.3.1 YANMA HAVASININ ÖZELLİKLERİ.....61
BÖLÜM 4.....68
4.1.1 YOĞUŞMA OLAYININ ANALİZİ.....68
4.1.1.1 YAKITIN ISIL DEĞERİNİN ÖLÇÜLMESİ.....69
4.1.1.2 YOĞUŞMA TEKNOLOJİSİNİN TEMELİ ALT VE ÜST ISIL DEĞERLER.....70
4.1.1.3 ÜST ISIL DEĞER TEKNİĞİ VE TÜKETİM AVANTAJLARI.....72
4.1.1.4 YAKITLARIN İÇİNDEKİ ENERJİ 75
4.1.2 YOĞUŞMA SUYUNUN ANALİZİ.....79
4.2.1 SU SICAKLIKLARINA GÖRE KAZAN TİPLERİ.....85
4.2.1.1 STANDART KAZANLAR.....86
4.2.1.2 DÜŞÜK SICAKLIK KAZANLARI.....87
4.2.1.3 YOĞUŞMALI KAZANLAR.....88
4.2.1.3.1 YOĞUŞMA OLAN ISI DEĞİŞTİRİCİLERİN İNCELENMESİ.....92
4.3.1 BİNALARDA ENERJİ PERFORMANS YÖNETMELİĞİ.....101
4.3.2 AVRUPA TOPLULUĞU VERİM DİREKTİFİ.....102
4.4.1 NORM KULLANIM ISI VERİMİ.....104
4.4.2 DÖNÜŞ SUYU SICAKLIĞINA BAĞLI OLARAK FARKLI SİSTEMLERİN VERİM ANALİZİ.....107
4.5.1 ÜST ISIL DEĞERDEN FAYDALANMANIN ESASLARI.....116
4.5.1.2 ÜST ISIL DEĞERDEN EFEKTİF OLARAK FAYDALANMAK İÇİN ETKİLİ OLAN FAKTÖRLER.....117
4.5.1.3 ÜST ISIL DEĞER TEKNİĞİNİN UYGULAMA NEDENLERİ.....119
4.6.1 DOĞALGAZIN KİMYASAL YANMA REAKSİYONLARI.....120

4.6.2 DOĞALGAZ'IN GENEL YANMA DENKLEMİ.....124
4.6.2.1 YANMANIN KONTROLÜ.....124
4.6.2.2 TAM YANMA DURUMU.....125
4.6.2.3 YARI YANMA DURUMU 126
4.6.2.4 EKSİK YANMA DURUMU.....128
4.6.2.4.1 EKSİK YANMA SONUNDA OLUŞAN GAZLARIN HACİMSEL ORANLARI 130
4.6.2.4.2 EKSİK YANMA SONUCUNDA OLUŞAN GAZLARIN KISMİ BASINÇLARI 130
4.7.1 OSTWALD DİYAGRAMININ ÇİZİLMESİ.....131
4.8.1 İKİ SICAKLIK ARASINDAKİ ENTALPİ FARKI VE ORTALAMA ÖZGÜL ISI DEĞERİNİN BİR YOĞUŞMALI KOMBİYE AİT ÇALIŞMA ARALIĞINDA HESAPLANMASI.....133
4.8.2 ISIL DEĞER HESABI.....134
BÖLÜM 5.....138

5.1 KOMBİ LABORATUVARI VE DENEY TERTİBATI BİLGİLERİ.....138
5.2 DENEY SONUÇLARININ KOMBİ VERİMLERİ AÇISINDAN YORUMU 168
5.3 FARKLI ÇALIŞMA ARALIKLARINDA BACA GAZI ANALİZİ DENEYLERİ.....169
5.4 DENEY SONUÇLARININ EMİSYON MİKTARLARI AÇISINDAN YORUMU.....181
BÖLÜM 6.....183

6.1 SONUÇ.....183

6.1.1 DOĞALGAZ YAKAN CİHAZLARDA YOĞUŞMA TEKNOLOJİSİNİN ÇEVRESEL VE EKONOMİK KAZANIMLARI.....184

KAYNAKLAR.....186

ÖZGEÇMİŞ.....188

KISALTMALAR

BOTAŞ: Boru Hatları Petrol Taşıma Anonim Şirketi

LNG: Sıvılaştırılmış Doğalgaz

IPCC: Birleşmiş Milletler Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli

ABD: Amerika Birleşik Devletleri

AB: Avrupa Birliği

T.C: Türkiye Cumhuriyeti

BM: Birleşmiş Milletler

G8: Gelişmiş 8 Ülke

TGT: Temiz Gelişim Tekniği

OSA: Onaylı Salınım Azaltımları

GWP: Bir emisyon maddesinin belirli bir zaman içerisinde (Kyoto Protokolü'nde bu süre 100 yıldır) karbondioksit etkisinin bir birim olarak değerlendirildiğinde, atmosferde yol açtığı tahmini ısınma etkisinin değeridir.

UV: Ultraviyole

SİMGELER:

O_3:	Ozon
H_2O:	Su
CO_2:	Karbondioksit
CH_4:	Metan
°C:	Santigrat Derece
NO_x:	Azotmonoksit türevi emisyon gazları
C_2H_6:	Etan
C_3H_8:	Propan
C_4H_{10}:	Bütan
H_2S:	Hidrojensülfür
kJ/m^3h:	Ocak Yükü
Nm^3/kg:	Teorik/Gerçek Özgül Hava Miktarı
kJ/kg:	Isıl Değer
ppm:	1 Milyonda bir kısım
$kcal/m^3$:	Üst Isıl Değer/Alt Isıl Değer
kJ/m^3:	Üst Isıl Değer/Alt Isıl Değer
m:	Metre
mm:	milimetre
cm:	Santimetre
kg:	Kilogram
%:	Yüzde
kWh:	Kilo Watt Saat
λ:	Hava Fazlalık katsayısı
Hu:	Alt Isıl Değer

Ho: Üst Isıl Değer

DVGW: Alman Teknik ve Bilimsel Gaz ve Su Birliği

X : Yakıtın tam yanan kısmının oranı

c : Yakıt içindeki C miktarı

h : Yakıt içindeki H_2 miktarı

s : Yakıt içindeki kükürt miktarı (burada 0 alınacak)

$r_{C_xH_y}$: C_xH_y gazının yakıt içindeki hacimsel oranı

$\overline{V}_{C_xH_y}$: Gazının moleküler hacmi (m^3 / kmol)

$\overline{M}_{C_xH_y}$: Gazının moleküler kütlesi (kg / kmol)

f : Birim miktardaki yakma havası içerisinde, standart şartlarda (15° C , 101,325 kPa) bulunan su buharı miktarı (m^3 / m^3)

ρ_y : yakıt özgül kütlesi

ρ_i : İ gazının özgül kütlesi kg/m3

$\overline{h}_{298}^{0}$: Bileşiğin oluşum entalpisi

$\Delta\overline{h}_{298,0,1\rightarrow T,P}$: Standart referans noktası ile saf maddenin T sıcaklığı ve P basıncı ile belirlenen hali arasındaki entalpi değişimini göstermektedir

η_k : Kazan Verimi

$\dot{m}_y$: Kazanın Saatte Harcadığı Yakıt Miktarı

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1 Türkiye'de Kullanılan Doğalgaz Miktarı Ve Gelecek İçin Talep Projeksiyonu.....4
Şekil 2.1 : Asit Yağmurları Oluşumu Simülasyonu.....18
Şekil 3.1 : Kombi Baca Davlumbazı.....26
Şekil 3.2 : Baca Davlumbazı.....27
Şekil 3.3 : Bacalı Kombi Bağlantısı.....27
Şekil 3.5 : Tek Eşanjörlü Kombi Çalışma Şeması.....29
Şekil 3.6 : Çift Eşanjörlü Kombi Çalışma Yapısı.....31
Şekil 3.7 : Üç Eşanjörlü Kombilere Ait Alüminyum Yoğuşma Eşanjörü.....32
Şekil 3.8 ; Premix Kombi Çalışma Şeması.....34
Şekil 3.9 : Doğal Gaz- Hava Yanıcı Karışımı İçin Yanma Üçgeni.....54
Şekil 3.10 : Eksik Hava Şartlarındaki Alev Kesiti.....57
Şekil 3.11 :Fazla Hava Şartlarında Alev Kesiti.....58
Şekil 3.12 : Çiğ Noktası Sıcaklığı Eğrisi.....63
Şekil 4.1 : CO_2 oranına göre su buhan çığ noktası sıcaklıkları.....71
Şekil 4.2 : Konvansiyonel Kombiler için Üst Isıl Değer Tekniği Isı Geçiş Değerleri.....74
Şekil 4.3 : Yoğuşmalı Kombiler için Üst Isıl Değer Tekniği Isı Geçiş Değerleri.....74
Şekil 4.4 : Motorin Ve Doğalgazın Enerji İçeriği.....75
Şekil 4.5 : Gaz yakıtlı yoğuşmalı kazanlarda ısıtma sistemi sıcaklığının etkisi.....77
Şekil 4.6 : Yakıt Ve Yoğuşma Sıcaklığı İlişkisi.....78
Şekil 4.7 : Yoğuşma Suyu pH Değeri.....80
Şekil 4.8 : Yoğuşma Olan Duman Gazı Borusu Kesiti.....92
Şekil 4.9 : Duman Gazı Ve Kazan Suyunun Zıt Yönlü Paralel Akımı.....94
Şekil 4.10 : Tek Kademeli Brülörde Yoğuşmasız Durumdaki Kısmi Ve Tam Yoğuşmaya
Şekil 4.11 :Oransal Brülörde Yoğuşmasız Durumdaki Kısmi Ve Tam Yoğuşmadaki Isıtma Zamanı Yüzdeleri.....98
Şekil 4.12 : Duman Gazı İle Kondensin Aynı Akış Yönleri.....98

Şekil 4.13 : Çapraz Isıtma Yüzeyleri.....100
Şekil 4.14 : Anma Isı Gücünde Ve Kısmi Yükteki (%30) Avrupa Topluluğu Standartalarında Minimum Verimler.....103
Şekil 4.15 : Norm Kullanım Isıl Verimi (75/60 °C'lik ısıtma sistem sıcaklıklarında)....105
Şekil 4.16: DIN 4702-T8 Göre Yük Değişimi.....106
Şekil 4.17 : Farklı Kazan Tiplerinin Kullanım Verimleri.....107
Şekil 4.18: 75/60 C lik Sistemde Yoğuşma Olayı.....108
Şekil 4.19: 90 / 70 °C'lik sistemde yoğuşma olayı.....109
Şekil 4.20: 40 / 30 °C'lik sistemde yoğuşma olayı.....109
Şekil 4.21: Ostwald Diyagramı.....132
Şekil 5.1: test standları genel görünüm.....139
Şekil 5.2: Baca gazı analizatörü.....139
Şekil 5.3: test standları su ve gaz bağlantı detayı.....139
Şekil 5.4: Baca gazı analizi propları.....139
Şekil 5.5: Kombi verim testlernin yapıldığı bilgisayar yazılımının sonuç raporunun açıklamaları.....140
Şekil 5.6: Kombi verim testlernin yapıldığı bilgisayar yazılımının çalışma eğrilerinin açıklamaları.....141
Şekil 5.7: Model 1 kombinin 80 °C gidiş 60 °C dönüş suyu sıcaklığı şartlarında verim testi değerleri.....142
Şekil 5.8: Model 1 kombinin 80 °C gidiş 60 °C dönüş suyu sıcaklığı çalışma şartlarında rejime girmiş verim eğrisi.....142
Şekil 5.9: Model 1 kombinin 50 °C gidiş 30 °C dönüş suyu sıcaklığı şartlarında verim testi değerleri.....145
Şekil 5.10: Model 1 kombinin 50 °C gidiş 30 °C dönüş suyu sıcaklığı çalışma şartlarında rejime girmiş verim eğrisi.....145

Şekil 5.11: Model 2 kombinin 80 °C gidiş 60 °C dönüş suyu sıcaklığı şartlarında verim testi değerleri.....148
Şekil 5.12: Model 2 kombinin 80 °C gidiş 60 °C dönüş suyu sıcaklığı çalışma şartlarında rejime girmiş verim eğrisi.....148
Şekil 5.13: Model 2 kombinin 60 °C gidiş 40 °C dönüş suyu sıcaklığı şartlarında verim testi değerleri.....151
Şekil 5.14: Model 2 kombinin 60 °C gidiş 40 °C dönüş suyu sıcaklığı çalışma şartlarında rejime girmiş verim eğrisi.....151
Şekil 5.15: Model 2 kombinin 50 °C gidiş 30 °C dönüş suyu sıcaklığı şartlarında verim testi değeleri.....154
Şekil 5.16: Model 2 kombinin 50 °C gidiş 30 °C dönüş suyu sıcaklığı çalışma şartlarında rejime girmiş verim eğrisi.....154
Şekil 5.17: Model 3 kombinin 80 °C gidiş 60 °C dönüş suyu sıcaklığı şartlarında verim testi değerleri.....157
Şekil 5.18: Model 3 kombinin 80 °C gidiş 60 °C dönüş suyu sıcaklığı çalışma şartlarında rejime girmiş verim eğrisi.....157
Şekil 5.19: Model 3 kombinin 60 °C gidiş 40 °C dönüş suyu sıcaklığı şartlarında verim testi değerleri.....160
Şekil 5.20: Model 3 kombinin 60 °C gidiş 40 °C dönüş suyu sıcaklığı çalışma şartlarında rejime girmiş verim eğrisi.....160
Şekil 5.21: Model 3 kombinin 50 °C gidiş 30 °C dönüş suyu sıcaklığı şartlarında verim testi değerleri.....163
Şekil 5.22: Model 3 kombinin 50 °C gidiş 30 °C dönüş suyu sıcaklığı çalışma şartlarında rejime girmiş verim eğrisi.....163
Şekil 5.23: Model 1 kombi nin farklı sıcaklık aralıklarında verim değişimi.....166
Şekil 5.24: Model 2 kombi nin farklı sıcaklık aralıklarında verim değişimi.....166
Şekil 5.25: Model 3 kombi nin farklı sıcaklık aralıklarında verim değişimi.....167
Şekil 5.26: Farklı yanma teknolojilerinde ki kombilerin farklı çalışma aralıklarında değişen verim değerleri.....167
Şekil 5.27 : % O_2 miktarının farklı yanma verimine sahip kombilerde farklı çalışma aralıklarında değişimi.....177

Şekil 5.28: CO (ppm) miktarının farklı yanma verimine sahip kombilerde farklı çalışma aralıklarında değişimi.....177
Şekil 5.29: NO (ppm) miktarının farklı yanma verimine sahip kombilerde farklı çalışma aralıklarında değişimi.....178
Şekil 5.30: NO_X (ppm) miktarının farklı yanma verimine sahip kombilerde farklı çalışma aralıklarında değişimi.....178
Şekil 5.31: H_2 (ppm) miktarının farklı yanma verimine sahip kombilerde farklı çalışma aralıklarında değişimi.....179
Şekil 5.32: % CO_2 (ppm) miktarının farklı yanma verimine sahip kombilerde farklı çalışma aralıklarında değişimi.....179
Şekil 5.33: Baca gazı sıcaklığının farklı yanma verimine sahip kombilerde farklı çalışma aralıklarında değişimi.....180
Şekil 5.34: Farklı yanma teknolojilerine sahip kombilerde farklı çalışma aralıklarında verim değişimi.....180
Şekil 6.1 Türkiye'de 1999-2009 yılları arasında satılan kombi adetleri ve bunun içerisindeki yoğuşma teknolojisine sahip cihaz oranı.....183

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 3.1 : İthal Edilen Doğal Gazın Garanti Edilen Özellikleri.....41
Çizelge 3.2 : Isıtmada Kullanılan Doğal Gazın Diğer Yakıtlarla Karşılaştırılması.....46
Çizelge 3.3 : Kaynağına Göre Doğal Gazın Üst ve Alt Isıl Değerleri.....49
Çizelge 3.4 : Doğal Gaz ın Fiziksel Ve Kimyasal Özellikleri.....50
Çizelge 3.5 : Kuru Havanın Analiz Sonuçları.....61
Çizelge 3.6 : Stokiometrik Miktarda Bazı Temel Yanma Reaksiyonları.....65
Çizelge 4.1 : Yakıtın Saf Oksijen İle Yakılmasında Reaksiyon Isıları.....69
Çizelge 4.2 :Yakıtların Enerji İçerikleri.....76
Çizelge 4.3 : Yoğuşma Suyunun Analiz Değerleri.....82
Çizelge 4.4 : Yoğuşmalı Kazanlarda Nötralizasyon Kullanım İçin Kazan Gücü Sınır Değerleri.....84
Çizelge 4.5 : Bazı Doğalgazların Ve Sıvı Yakıtların Üst Isıl Ve Alt Isıl Değer Oranı.....89
Çizelge 4.6 : Çeşitli Gaz Ve Sıvı Yakıtların Karakteristik Özellikleri.....117
Çizelge 4.7 : Doğal Gaz ın Yanması sonucu Oluşan Gazlara Ait Fiziksel Büyüklükler.....121
Çizelge 4.8: Doğal Gazın Resmi Hacimsel Oranları.....122
Çizelge 4.9 :Doğal Gaz'a Ait Alt Isıl Değer Hesabı (H_u) Tablosu.....137
Çizelge 5.1 : Model 1 kombinin 80 °C gidiş 60 °C dönüş suyu sıcaklığı şartlarında verim testi.....143
Çizelge 5.2 : Model 1 kombinin 50 °C gidiş 30 °C dönüş suyu sıcaklığı şartlarında verim testi.....146
Çizelge 5.3 : Model 2 kombinin 80 °C gidiş 60 °C dönüş suyu sıcaklığı şartlarında verim testi.....149
Çizelge 5.4 : Model 2 kombinin 60 °C gidiş 40 °C dönüş suyu sıcaklığı şartlarında verim testi.....152

Çizelge 5.5 : Model 2 kombinin 50 °C gidiş 30 °C dönüş suyu sıcaklığı şartlarında verim testi.....155
Çizelge 5.6 : Model 3 kombinin 80 °C gidiş 60 °C dönüş suyu sıcaklığı şartlarında verim testi.....158
Çizelge 5.7 : Model 3 kombinin 60 °C gidiş 40 °C dönüş suyu sıcaklığı şartlarında verim testi.....161
Çizelge 5.8 : Model 3 kombinin 50 °C gidiş 30 °C dönüş suyu sıcaklığı şartlarında verim testi.....164
Çizelge 5.9 : Model 1 kombinin (24 Kw) 80 – 60 °C aralığında İgdaş G 20 referans Gaz İçin Baca Gazı Analizi.....169
Çizelge 5.10: Model 1 kombinin (24 Kw) 50 – 30 °C aralığında İgdaş G 20 referans Gaz İçin Baca Gazı Analizi.....170
Çizelge 5.11: Model 2 (24 kw) 80 – 60 °C aralığında İgdaş G 20 referans Gaz İçin Baca Gazı Analizi.....171
Çizelge 5.12: Model 2 (24 kw) 60 – 40 °C aralığında İgdaş G 20 referans Gaz İçin Baca Gazı Analizi.....172
Çizelge 5.13: Model 2 (24 kw) 50 – 30 °C aralığında İgdaş G 20 referans Gaz İçin Baca Gazı Analizi.....173
Çizelge 5.14: Model 3 (24 kw) 80 – 60 °C aralığında İgdaş G 20 referans Gaz İçin Baca Gazı Analizi.....174
Çizelge 5.15: Model 3 (24 Kw) 60 – 40 °C aralığında İgdaş G 20 referans Gaz İçin Baca Gazı Analizi.....175
Çizelge 5.16: Model 3 (24 Kw) 50 – 30 °C aralığında İgdaş G 20 referans Gaz İçin Baca Gazı Analizi.....176

1.1 DÜNYADA ENERJİ KULLANIMI

Ülkelerin gelişmesi için en önemli temel ihtiyaç enerjidir. On dokuzuncu yüzyılın sonu ve yirminci yüzyılın içinde hızlı gelişme gösteren ülkelerin daha çok enerji tükettikleri bilinmektedir. Ülkelerin gelişmesi ve enerji tüketimi arasındaki yakın ilişkiden dolayı, enerji kaynakları ticari olmasının yanı sıra stratejik maddeler olarak ifade edilebilirler. Bu yüzden de enerji ile ilgili konular ve enerji güvenliği son yüzyılda büyük önem kazanmıştır. Bu önem ise hükümet politikalarında girişimler gerektiren çözülmesi zorunlu çesitli sorunları ortaya çıkarmıştır. Bunlar büyüyen petrol korkusu, enerji güvenliğinin sağlanması, çevresel bozulmanın önlenmesi ve gelişmekte olan dünyanın artan enerji gereksiniminin karşılanması olarak ortaya çıkmaktadır. Altı buçuk milyarlık dünya nüfusunun iki buçuk milyarlık kısmının hala ticari olmayan enerji kaynaklarına(odun,bitki,hayvan artıkları) bağlı olduğu, bir buçuk milyar civarındaki bir kısmına elektriğin ulaşmamış olduğu ve gelişmekte olan ülkelere göre yedi katı yüksek olduğu bilinmektedir. Yine dünyada bazı ülkeler rezervlere sahip olup üretici konumundayken, diğerleri bu enerji kaynaklarını elde etmeye çalısan tüketici konumundadır. Bu arada nüfus artarken ve ülkeler daha fazla enerji kullanarak gelişirken enerji kullanımından kaynaklanan çevre ve sağlık sorunları da dünya gündeminde daha çok önem kazanmaktadır.

Uluslararası Enerji Ajansı'nın tahminlerine göre 2015 senesinde dünya enerji talebi %13 oranında artarak günde iki yüz kırk milyon varil petrol rakamına ulaşacaktır. Burada talebin nasıl karşılanacağı sorusu karsımıza çıkacaktır.

Buna cevap olarak nükleer güç arayanların sayısı gittikçe artmaktadır. Günümüzde dünya enerji tüketiminin %6'sı nükleer güçten karşılanmaktadır. Ancak petrolün bitme korkusu ve yüksek petrol fiyatı söz konusu eğilimi değistirebilme gücüne de sahiptir. Yenilenebilir enerji türlerine ek olarak(rüzgar,günes,jeotermal gibi) birçok enerji uzmanı Kyoto Protokolü'ndeki karbondioksit kısıtlamalarından dolayı, nükleer enerjinin dünyanın birçok yerinde kullanımının tekrar gündeme geleceği konusunda fikir birliği içindedir. Tüm bunlar göz önüne alındığında, çevreyle dost, sürdürebilirlik özelliğine sahip, güvenle ulaşılan, uluslararası ilişkilerde dünyanın çıkarını gözeten ve ekonomik olan bir enerji sisteminin gerektiği açıktır. Hükümetler ise yeni bir enerji sistemini oluştururken, enerji tasarrufu ve verimli kullanımı, araştırma geliştirme çalışmaları, alışılagelmiş enerji kaynakları için tüm sosyal-çevre türü maliyetlerin fiyatlara yansıması, temiz ve yenilenebilir enerji kaynaklarının desteklenmesi, ulaşılabilir hedeflerin belirlenmesine ağırlık vereceklerdir.

1.2 TÜRKİYEDE FOSİL YAKIT KULLANIM ORANLARI

BOTAŞ' ın yapmış olduğu çalışmalara göre elektrik santrallerinde doğalgaz kullanım oranı 2001' de 55.7, 2005 yılında %58.5 ve 2020 yılında %59.5 olacaktır. Buna göre gelecek yıllarda doğalgazın genel enerji tüketiminde önemli bir pay almaya devam edeceği açıktır. (YAHŞİ,2002) Türkiye' de doğalgaz üretimi, Hamitabat, Umurca, Karacaoğlan, Değirmenköy, Karaçalı, Kuzey Marmara ve Silivri, Çamurlu ve Hayrabolu sahalarında yapılmaktadır. 1997' de Türkiye' nin ispatlanmış rezervi 18.1 milyar m^3, üretilebilir rezervi 12.3 milyar m^3 dür. Şimdiye kadar üretilen 2.9 milyon m^3 gazdır. Doğalgazın üretim maliyetleri 40 \$/1000 m^3' tür. Doğalgaz üretiminin artan talebi karşılamaması nedeniyle BOTAŞ, Nijerya, Mısır, Cezayir, Katar, Arap

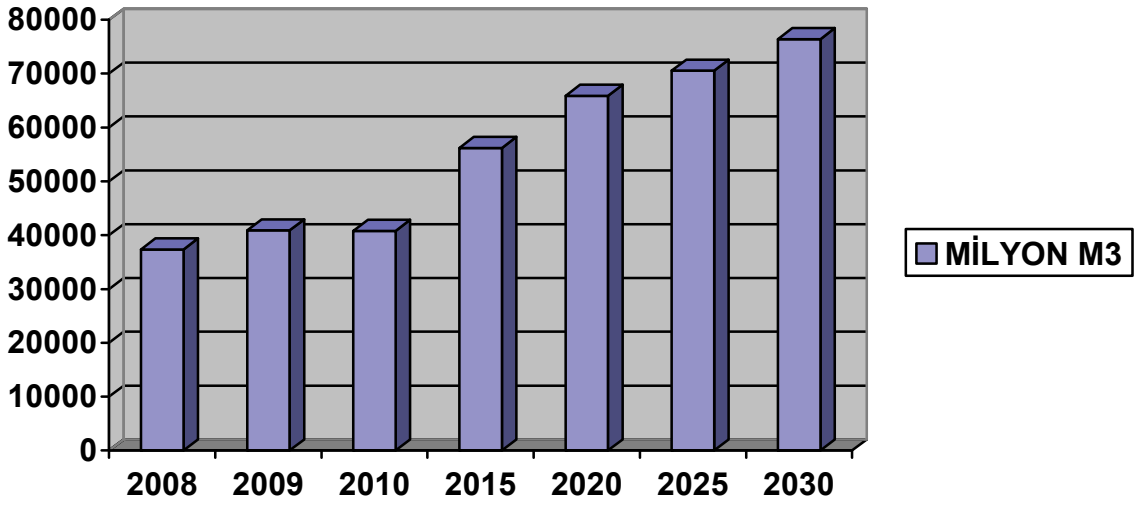
Emirlikleri, Yemen ve Umman' daki olası LNG kaynakları araştırmış ve çeşitli bağlantılar yapmıştır. Türkiye, 1998 yılında doğalgaz finansmanını, özelleştirmeden elde edilen 400 trilyon liranın %20' lik bölümünü, yani 115 trilyon 850 milyar lirasını enerji yatırımlarına kaydırarak sağlamıştır.(BOTAŞ)

Görülen krizin aşılması için uzun vadeli yatırım politikası uygulamadan, kesintisiz verimli ve ucuz enerjiye ulaşmak mümkün olmayacaktır. Uzun vadeli politikaların fizibilitesini çıkarmak için belli zorluklar ortaya çıktmıştır. Acil enerji ihtiyacının karşılanması için hemen devreye girebilecek doğalgaz santrallerinin kurulmasına ağırlık verilirken, doğalgaz konusunda İran, Rusya, Mısır, Cezayir gibi ülkelerle yoğun temaslara başlanmıştır. Yapılan araştırmalara göre doğalgaz verimlilikte ilk sırada yer almaktadır. Doğalgaz teknolojisindeki son gelişmeler aracılığıyla ısı ve elektriğin bir arada üretilip kullanılma imkanının sağlanması verimi %53' den %85' e yükseltmektedir.

Yapılan projeksiyonlara göre 1997 yılında 11 milyar m^3 görülen doğalgaz talebi 4 yıl sonra 27 milyar m^3'e çıkacaktır. Kısa dönemde bu atrış devam ederse 2020 yılında doğalgaz en çok kullanılan fosil yakıt olacaktır. Önemli endüstri ülkelerinin doğalgaz açıklarının, dünyanın diğer bölgelerindeki gaz arzı fazlasıyla kolayca hem de boru hatları gibi yüksek yatırım maliyetleri taşıyan projeler olmadan karşılanabilmesi LNG' ye olan ihtiyacı artırmıştır. Bu çerçevede kıtalararası, sıvılaştırılmış doğalgaz (LNG) sevkiyatı ilk kez 1964 yılında Cezayir ve İngiltere arasındaki ticaretle başladı. LNG endüstrisinin gelişmesinin en önemli nedeni 1980' lerde dünya çapında yaşanan enerji krizidir. 1973 Orta Doğu Savaşını takip eden petrol ambargosu endüstrileşmiş ülkeleri doğalgaza yöneltti. 1980' lerden bugüne doğalgaz Avrupa'nın en önemli enerji kaynağı

haline gelmiştir. Doğalgaz verimliliği, kolayca enerjiye dönüştürülebilmesi petrol ve kömüre göre çevre yönünden avantajları tercih sebebi oldu. LNG üretimi, sevkıyat ve depolanması için gerekli teknolojilerin gelişmesiyle LNG' ye olan talep patladı. Dünya, LNG' de yıllık %27' lik gibi yüksek bir talep artışıyla karşı karşıya kaldı.

Şekil 1.1 : Türkiye de Kullanılan Doğalgaz Miktarı Ve Gelecek İçin Talep Projeksiyonu



1.2.1 ÇEVRE VE ORMAN BAKANLIĞI'NIN EMİSYON AZALTMA ÇALIŞMALARI

Birleşmiş Milletler Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) tarafından yayınlanan 4. Değerlendirme Raporunda, özellikle insan faaliyetleri sonucu oluşan sera gazlarının küresel ölçekte iklim değişikliğine neden olduğu, ortalama sıcaklıkların arttığı ve ülkelerin sera gazı emisyonlarıyla mücadele konusunda daha ciddi adımlar atması gerektiği net bir şekilde ortaya konulmuştur. Bu mücadelede birinci derece sorumlu olan Çevre ve Orman Bakanlığı da gereken çalışmaları başlatılmıştır.

Başta Çevre ve Orman Bakanlığı olmak üzere ilgili pek çok bakanlığı bir araya getiren "İklim Değişikliği Koordinasyon Kurulu" (İDKK) oluşturulmuştur. Bu kurul, Türkiye'nin iklim değişikliği alanında izleyeceği politikaları, alacağı önlemleri ve yapacağı çalışmaları belirlemeyi amaçlamaktadır. 1850 ve 2002 yılları arasındaki kümülatif sera gazı emisyonlarının ülkeler bazında dağılımına bakıldığında, toplam emisyonun yaklaşık yüzde 30'unun tek başına ABD tarafından, yüzde 27'sinin AB–25 ülkeleri tarafından, yüzde 8,1'inin Rusya ve yüzde 7,6'sının Çin tarafından salındığı görülmektedir. Türkiye ise bu sıralamada 152 yıllık dönem dikkate alındığında yüzde 0,4'lük bir payla 31. sırada bulunmaktadır. Dikkat çeken bir diğer husus ise, gelişmiş ülkelerin 2002 yılına kadar salınan karbondioksit emisyonunun yüzde 76'sından sorumlu olmasıdır

Tüm dünyada sera gazlarının azaltılmasına yönelik politikaların başında enerji verimliliği, yenilenebilir enerji kaynakları kullanımının artırılması, ormanlaştırma konuları geliyor. Ülkemizde bu politikaların uygulanmasına yönelik çalışmalar başlatılmıştır.

Türkiye, sera gazı emisyonlarının azaltılması konusunda herhangi bir sayısal azaltım yükümlülüğü olmadığı halde, başta çevre kanunu, enerji verimliliği kanunu ve yenilenebilir enerji kanunu gibi önemli mevzuat düzenlemeleri ve bunlara bağlı uygulamaları hayata geçirilmiştir. Türkiye sera gazı emisyonlarını azaltmak üzere; hidroelektrik potansiyelinden azami faydalanma, enerji verimliliği ve enerji tasarrufu teşviki, araçlarda yakıt kalitesinin iyileştirilmesi, eski araçların trafikten çekilmesi, çimento ve demir-çelik üretim tesislerinde enerji verimliliğinin artırılması konularında

çalışmalar yapmaktadır. Son olarak, T.C Çevre ve Orman Bakanlığı kapsamlı bir ağaçlandırma seferberliği başlatmıştır. 5 yıl içinde yaklaşık 2,3 milyon hektar alanı ormanlaştırmıştır. Ayrıca, muhtemel iklim değişikliğinin olumsuz etkilerini azaltmak için uyum çalışmalarının yapılması kaçınılmazdır. Hem azaltım hem de uyum tedbirlerinin alınmasına yönelik finansman kaynaklarını bulmakta zorluk çekilmektedir. Bu konulara ilişkin oluşturulan uluslararası fonlardan azami derecede yararlanması önem taşımaktadır.

- Enerji verimliliği artırılmalıdır.
- Yenilenebilir enerji kaynakları kullanılmalıdır.
- Sürdürülebilir tarım desteklenmelidir.
- Metan emisyonlarının atık yönetimi aracılığıyla geri kazanılmalıdır.
- Sera gazı yutakları korunmalı ve yaygınlaştırılmalıdır.
- Enerji yoğunluğu azaltılmalıdır.
- Enerji üretiminde kaynak çeşitliliğine gidilmelidir.
- Yük taşımacılığında karayollarının yükü azaltılmalı ve yük demiryolları ve denizyollarına kaydırılmalıdır.
- Toplu taşıma (metro, hafif raylı sistemler vb) araç kullanımı yaygınlaştırılmalıdır.
- Araç parkındaki eski taşıtların trafikten çekilmeli ve ortalama araç yaşı düşürülmelidir.
- Araçlarda yeni motor teknolojileri kullanılmalıdır.
- Termik santrallerin rehabilitasyon önlemleri alınmalıdır.
- Yakıt kalitesi iyileştirilmelidir.

- İklim değişikliği ile mücadele etmekte başarıya ulaşabilmek için bireylerin, kurumların ve ülkelerin katkılarının zorunluluğu anlaşılmalıdır.
- Bireysel olarak ise en temiz enerjinin tasarruf edilen enerji olduğu gerçeğinden hareketle enerji tasarrufuna yönelmeli, binalarda ısı yalıtımına önem verilmesi gibi basit düzeyde de olsa çaba gösterilmelidir

1.3 DOĞALGAZ'IN EVLERDE KULLANIM ŞEKİLLERİ

En temiz ve en ucuz yakıt olan doğalgazın konutlarda kullanılması daha kolay ve daha ekonomik bir kış geçirmek anlamına geliyor. Çünkü doğalgaz gerek ısıtmada ve sıcak su temininde, gerekse pişirmede büyük avantajlar sağlıyor. Konutlarda doğalgaz kullanımı ısıtmada, sıcak su temininde ve mutfakta olmak üzere üç grupta toplanabilir. Konutlarda, kömür ya da sıvı yakıtlı soba ile ısıtmada, konutun tek noktadan ısıtılması ve ısıl veriminin düşüklüğü enerji israfına neden olmaktadır. Kömürlü kalorifer kazanlarında %40-45 düzeyindeki ısıl verim, kazan doğalgaza dönüştüğünde % 70-74'lere çıkmaktadır. Ekonomik ömrünü yitirmiş kazanların doğalgaza uyumlu kazanlarla yenilenmesi durumunda ise verim %80-85'lere yükselmektedir. Doğalgazla çalışan kazanların işletilmesinde insan faktörü minimuma indiği için kontrolleri son derece kolaydır, rasyonel ve dengeli ısıtma imkanı sağlamaktadır. Ayrıca doğalgaz cihazları çok fonksiyoneldir. Bir kombi kat kaloriferi ile hem ısıtma, hem de sıcak su elde edilebilmektedir. Bir kalorifer kazanı ile apartmandaki her daire ortak ısıtılabileceği gibi, her daire bağımsız da ısıtılabilir.

1.3.1 KONUTLARDA BİREYSEL ISITMA

Sobalı apartman dairelerinde doğalgazla ısıtma için doğalgaz sobası ve kombi kat kaloriferleri kullanılabilir. Çok değişik tip ve kapasitelerde doğalgaz sobaları mevcuttur. Odanın büyüklüğü, izolasyonu, ısı kaybı benzeri faktörler değerlendirilerek en uygun kapasiteli soba seçilmelidir. Baca bağlantılı, dış duvar bağlantılı (hermetik) ve bacasız olmak üzere üç soba türü mevcuttur. Doğalgazlı kombi kat kaloriferi kullanımında ise dairelerin odalarına döşenen borular ve oda duvarlarına monte edilen radyatörler vasıtasıyla ısınma sağlanmaktadır. Kombi tipleri bacalı ve hermetik olmak üzeri 2 çeşittir. Ayrıca baca bağlantılı kat kaloriferleri de kullanılabilmektedir. Doğalgaza henüz geçmeyen apartmanlar genelde kömürlü ya da fueloilli kalorifer kazanları ile ısıtılmaktadır. Ekonomik, temiz ve kullanışlı olması açılarından bu kazanlarda doğalgaz yakılması çok daha avantajlıdır. Ortak bir kalorifer kazanı ile ısıtma yapıldığında daireler, sıcak su sayacı gibi ek ölçme cihazları kullanmak suretiyle kazanın girişine takılan sayaçta okunan gaz giderinden kendilerine düşen miktarı tam olarak pay edebilirler. Ancak, böyle bir ek masrafa girilmemesi halinde, kömür veya fueloil kullanmada olduğu gibi belli bir takım kıstaslar (metrekareye bölmek gibi) kullanılacaktır. Doğalgazın radyatörlerde termostatlı vana kullanılması ile son derece kontrollü olarak yakılabilmesi sonucunda hem konfor hem de büyük miktarda yakıt tasarrufu sağlar. Önemle üzerinde durulması gereken bir nokta da genellikle kazan dairelerinin havalandırma, elektrik ve baca tesisatlarının standartlara uygun olmasıdır. Kullanılmakta olan kazanların pek çoğu ekonomik ömrünü tamamlamış durumdadır. Bunlar dikkate alınarak doğalgaza geçmeden önce kazan ve kazan dairelerinin yetkili

kurum ya da yetkili firmalara bakım ve onarımlarının yaptırılması ve gerekiyorsa kazan değişimlerinin yapılması verim ve güvenlik açısından çok önemlidir.

2.1 KYOTO PROTOKOLU

Kyoto Protokolü küresel ısınma ve iklim değişikliği konusunda mücadeleyi sağlamaya yönelik uluslararası bir çerçeve protokolüdür. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi içinde imzalanmıştır. Bu protokolü imzalayan ülkeler, karbon dioksit ve sera etkisine neden olan diğer beş gazın salınımını azaltmaya veya bunu yapamıyorlarsa salınım ticareti yoluyla haklarını arttırmaya söz vermişlerdir. Protokol, ülkelerin atmosfere saldıkları karbon miktarını 1990 yılındaki düzeylere düşürmelerini gerekli kılmaktadır. 1997'de imzalanan protokol, 2005'te yürürlüğe girebilmiştir. Çünkü, protokolün yürürlüğe girebilmesi için, onaylayan ülkelerin 1990'daki emisyonlarının (atmosfere saldıkları karbon miktarının) yeryüzündeki toplam emisyonun %55'ini bulması gerekmekteydi ve bu orana ancak 8 yılın sonunda Rusya'nın katılımıyla ulaşılabilmiştir. Kyoto Protokolü şu anda yeryüzündeki 160 ülkeyi ve sera gazı salınımlarının %55'inden fazlasını kapsamaktadır. Kyoto Protokolü ile devreye girecek önlemler, pahalı yatırımlar gerektirmektedir.

Kyoto Sözleşme'sine göre;

- Atmosfere salınan sera gazı miktarı %5'e çekilecektir.
- Endüstriden, motorlu taşıtlardan, ısıtmadan kaynaklanan sera gazı miktarını azaltmaya yönelik mevzuat yeniden düzenlenecektir.
- Daha az enerji ile ısınma, daha az enerji tüketen araçlarla uzun yol alma, daha az enerji tüketen teknoloji sistemlerini endüstriye yerleştirme sağlanacak, ulaşımda, çöp depolamada çevrecilik temel ilke olacaktır

- Atmosfere bırakılan metan ve karbon dioksit oranının düşürülmesi için alternatif enerji kaynaklarına yönelinecektır.
- Fosil yakıtlar yerine örneğin bio dizel yakıt kullanılacaktır.
- Çimento, demir-çelik ve kireç fabrikaları gibi yüksek enerji tüketen işletmelerde atık işlemleri yeniden düzenlenecektır.
- Termik santrallerde daha az karbon çıkartan sistemler, teknolojiler devreye sokulacak,
- Güneş enerjisinin önü açılacaktır. Nükleer enerjide karbon sıfır olduğu için dünyada bu enerji ön plana çıkarılacaktır.
- Fazla yakıt tüketen ve fazla karbon üretenden daha fazla vergi alınacaktır.

2.1.1 KYOTO PROTOKOLÜNÜN TEMEL PRENSİPLERİ

Kyoto Protokolü devletler tarafından desteklenir ve BM şemsiyesi altında küresel kurallar ile belirlenir. Devletler iki genel sınıfa ayrılmıştır: gelişmiş ülkeler, bu ülkeler G8 ülkeleri olarak anılacaktır; ve gelişmekte olan ülkeler, bu ülkeler G8 'de yer almayan ülkeler olarak anılacaklardır. ülkeleri sera gazı salınımlarını azaltmayı kabul etmişlerdir. Ek2 ise 'in alt kümesidir. Ek 2 ülkeler 'de yer almayan (gelişmekte olan) ülkelerin masraflarını ödemekle yükümlüdürler. Ek 2'de yer almayan ülkeleri 1992'de geçiş ülkesi olarak tanımlanan ülkelerdir. G8' de yer almayan ülkelerin ise sera gazı sorumlulukları yoktur ve her yıl sera gazı envanteri raporu vermelidirler. Kyoto Protokolündeki hedeflerine uymayan herhangi bir ülkesi bir sonraki dönem azaltma hedeflerinin %30 daha azaltılması ile cezalandırılacaktır. 2008 ile 2012 arasında, G8 ülkeleri sera gazı salınımlarını 1990 yılı seviyesinden ortalama %5 aşağıya çekmek

zorundadırlar (birçok AB üyesi ülke için bu 2008 için beklenilen sera gazı salınımlarının %15 aşağısına denk gelmektedir). Ortalama salınım azalmasının %5 olarak belirlenmesine rağmen AB üyesi ülkelerin salınım hedefleri %8 azaltma ile İzlanda tarafından hedeflenen %10 artırıma kadar değişmektedir. Bu azaltma hedefleri 2013 yılına kadar belirlenmiştir. Kyoto Protokolü, G8 ülkelerinin sera gazı salınımı hedeflerine ulaşmak için başka ülkelerden salınım azalması satın alabilmeleri esnekliğine imkân tanımıştır. Bu, çeşitli borsalardan (AB Salınım Ticaret Borsası gibi) veya 'de yer almayan ülkelerin salınımlarını azaltan Temiz Gelişim Tekniği (TGT) projeleri ile veya diğer ülkelerinden satın alınabilinir. Sadece TGT Yönetim Kurulu tarafından onaylanmış Onaylı Salınım Azaltımları (OSA) alınıp satılabilir. BM çatısı altında, Kyoto Protokolü Bonn merkezli Temiz Gelişme Tekniği Yönetim Kurulu'nu G8' de yer almayan ülkelerde gerçekleştirilen TGT projelerini değerlendirip onaylaması için kurmuştur. Bu projeler onaylandıktan sonra OSA verilir.

2.1.2 UYGULANAN POLİTİKALAR VE ALINAN ÖNLEMLER

Tarafları için bağlayıcılık taşıyan emisyon hedefleri, Protokol'ün özünü oluşturmaktadır. Buna göre söz konusu olan taraflar, 2008-2012 dönemindeki emisyonlarını, 1990 yılındaki emisyon düzeylerinin en az %5'i kadar indireceklerdir. Bu çerçevede, Türkiye kendi emisyon hedefleri vardır ve yoğun görüşmeler sonucunda Kyoto'da karara bağlanan bu hedefler Protokol'ün listesinde belirtilmektedir. Avrupa Birligi üyesi on beş ülke, Protokol çerçevesinde şekillenen ve "balon"adı verilen bir hesaplama yönteminden yararlanma konusunda anlaşmaya varmıştır.

Buna göre söz konusu devletler, toplam emisyon azaltma hedeflerini kendi aralarında oransal olarak paylaşacaklardır. Genellikle, taraflar emisyonlarını azaltırken ya da sınırlandırırken 1990 yılını temel almaktadırlar. Bununla birlikte bazı sera gazları (HFC ve PFC'ler) 1987 Montreal Protokolü çerçevesinde kullanımı kısıtlanan kloroflorokarbonlar gibi ozon tabakasını incelten maddelerin yerine kullanılmaktadır. Dolayısıyla Kyoto Protokolü'nde, tarafların bu gazlarla ilgili emisyon hedeflerinde temel alacakları tarihin 1990 ya da 1995 olması konusunda özel hükümler yer almaktadır. Temel alınacak yılı 1995 olarak seçen taraf devletler, bu gazlar için 1990 yılın tercih edenlere göre daha düşük hedefler belirlemişlerdir.

Ayrıca taraf devletler, arazi kullanımı, arazi kullanım değişiklikleri ve ormancılık sektöründe ele alınan karbon yutaklarını arttırarak atmosferden uzaklaştırılan sera gazı miktarlarını arttırıp, emisyonlarını dengeleyebilirler. Ancak sera gazlarının uzaklaştırılmasında sadece belirli etkinlikler geçerli sayılmaktadır. Bu yollar da belli kurallara bağlıdır. Bunun yanı sıra, hedeflere ulasabilmek için bu sektördeki emisyonların ne ölçüde kullanılabileceği de yine özel kurallarla belirlenmiştir.Sera gazlarının tamamı özgün küresel ısınma potansiyeli (GWP) dikkate alınarak hesaplamalara dahil edilmektedir.

IPCC'nin tanımına göre GWP; bir emisyon maddesinin belirli bir zaman içerisinde (Kyoto Protokolü'nde bu süre 100 yıldır) karbondioksit etkisinin bir birim olarak değerlendirildiğinde, atmosferde yol açtıgı tahmini ısınma etkisinin değeridir. Örnek olarak metan gazı için hesaplanan GWP değeri 21'dir . Emisyon hedeflerine, ilk yükümlülük dönemi olan 2008-2012 için ortalama olarak ulaşılması gerekmektedir.

2.2 SERA GAZLARININ AZALTILMASI VE ASİT YAĞMURLARI

Asit Yağmurları kükürt ve azot dioksitlerin atmosferdeki nemle birleşerek sülfirik ve nitrik asitli yağmur, kar ya da dolu oluşturması biçiminde oluşan kirliliğe verilen genel addır. Asit yağmurlarının verdiği ileri sürülen zararın bir bölümünün aslında bazı doğal nedenlerden kaynaklandığı yapılan araştırmalar sonucunda anlaşılmışsa da, petrol ürünleri ve kömür yanmasından oluşan kükürt dioksit ile otomobil motorlarından çıkan azot oksitin, asit yağmuru sorununu büyük ölçüde şiddetlendirdiği kesinlik kazanmıştır. Asit yağmuru esas olarak sanayi tesislerinden, konutların ısıtılmasından ve otomobillerden kaynaklanan ; sülfür ve azot oksitleri içeren su buharı emisyonlarının yol açtığı asit çökelmesidir. Endüstriyel faaliyetler, konutlarda ısınma amaçlı olarak kullanılan fosil kökenli yakıtlar, motorlu taşıtlardan çıkan egzoz gazları ve fosil yakıtlara dayalı olarak enerji üreten termik santraller faaliyetleri sonucu havayı kirletmekte, kükürtdioksit, azotoksit, partikül madde ve hidrokarbon yaymaktadır. 2 ile 7 gün arasında havada asılı kalabilen bu kirleticiler atmosferde çeşitli kimyasal reaksiyonlara uğrayarak zamanla çok uzaklara taşınabilmektedir. Asit yağmurlarına yol açan gazların en önemlisi kükürt dioksit'tir. Kükürtlü bileşiklerin kullanımı üzerindeki kontrol arttıkça nitrojen oksit de önem kazanmaktadır. Senede 70 Tg(S) SO_2 fosil yakıt tüketimi ve endstriyel tüketim sonucunda, 2.8 Tg(S) orman yangınlarından, 7-8 Tg(S) de yanardağlardan atmosfere karışmaktadır. Asit yağmurlarına yol açan gazların en önemlisi kükürt dioksit'tir. Kükürtlü bileşiklerin kullanımı üzerindeki kontrol arttıkça nitrojen oksit de önem kazanmaktadır. Senede 70 Tg(S) SO_2 fosil yakıt tüketimi ve endstriyel tüketim sonucunda, 2.8 Tg(S) orman yangınlarından, 7-8 Tg(S) de yanardağlardan atmosfere karışmaktadır.

- Doğal Nedenler : Asit yağmurlarına sebep olan gazların doğada bulunan en önemli kaynağı yanardağlardır. Karada, bataklıklarda ve okyanusta yaşayan bazı canlılarda bu biyolojik süreçleri sonucu bu gazları yayarlar. Orman yangınları da atmosfere SO_2 yayarlar.
- İnsan Faaliyetleri : Asit yağmuruna yol açan en önemli faktör insan faaliyetidir. Elektrik üretimi, fabrikalar ve motorlu araçlar gibi pek çok insan yapımı nesne zararlı gazları atmosfere bırakır. Bu gazlar asite dönüşüp yere geri düşmeden önce yüzlerce kilometre taşınabilirler. Ayrıca asit yağmuruna neden olan sebeblerden en önemlisi parfüm ve deodarantlardır... Asit yağmurları özellikle çoçuklarda olmak üzere insanlarda solunum yolu enfeksiyonu olmak üzere çesitli iltihaplanmalar ve bağışıklık sisteminin zayıflaması gibi sağlık sorunlarına sebep olmaktadır.

Saf hava, başta azot ve oksijen olmak üzere argon, karbondioksit, su buharı, neon, helyum, metan, kripton, hidrojen, azot monoksit, karbon monoksit, ksenon, ozon, amonyak ve azot dioksit gazlarının karışımından meydana gelmiştir. Atmosferi oluşturan bu gazların, en kararsız olanları su buharı ve karbondioksittir. Atmosferdeki su buharı miktarı, denizler, göller, nehirler ve bitkilerden buharlaşma ile artar ve bulutlardan sis, çiğ, yağmur oluşumu ile de azalır. Su buharının bu değişkenliği, uzun sürede, bu olaylarla birbirini öyle dengeler ki, su buharının atmosferdeki miktarı değişmez. Karbondioksit ise normalde çok küçük yer teşkil eden bir bileşendir. İnsan ve hayvanların teneffüsü ve bitkilerin fotosentez olayı ile atmosferdeki miktarı dengede tutulur. Atmosferdeki bu kirleticiler, kirletici kaynaklarından atmosfere doğrudan verilen kirleticiler ve bu kirleticilerle, atmosferik özellikler arasındaki kimyasal olaylar sonucu oluşan kirleticiler olmak üzere iki şekilde bulunurlar.

Emisyon kirleticiler, havanın doğal yapısındaki bileşimi değiştiren ve katı,sıvı ve gaz formlarda bulunabilen kimyasal maddelerdir.Emisyon kirleticileri fiziksel ve kimyasal yapılarına bağlı olarak sınıflandırılabilirler. Genel anlamda emisyon kirleticileri;

- Yanma Gazları (SO2,NOx,CO)
- Toz
- Tozda ağırmetaller
- Uçucu Organik Buhar ve Bileşikler (VOC)
- Flor
- Klor
- PAH
- Dioksin-Furanlar
- Radyoaktif Maddeler vb. şeklinde sınıflandırmak mümkündür.

Ayrıca bazı spesifik kirleticilerin varlığınıda göz ardı etmemek gereklidir. Zira bu kirleticiler çok düşük konsantrasyon değerlerinde dahi insan sağlığını tehdit edebilmektedir. Bu kirleticiler içerisinde en önemli grup kanser yapıcı, tetrajonik ve mutajenik etkilere sahip maddelerdir. Bu kirleticilerle, atmosferik özelliklerin oluşturduğu kimyasal reaksiyonların en önemlileri ise fotokimyasal olaylardır ki, bunlardan özellikle floroklorokarbonlar, güneşten gelen zararlı UV (ultraviole) ışınlarına karşı yeryüzüne koruyan ozon tabakasında büyük tahribata yol açmaktadır. Doğal veya insan yapısı sonucu atmosfere karışan kirleticiler, her iki halde de atmosfere yayıldıkları anda hızla kimyasal reaksiyonlar oluştururlar ve hava akımları

ile karışır, dağılır, yayılır ve taşınırlar. Böylece kirleticiler, kaynaktan çıkıp, alıcılara ulaştığında karakterleri değişebilir.

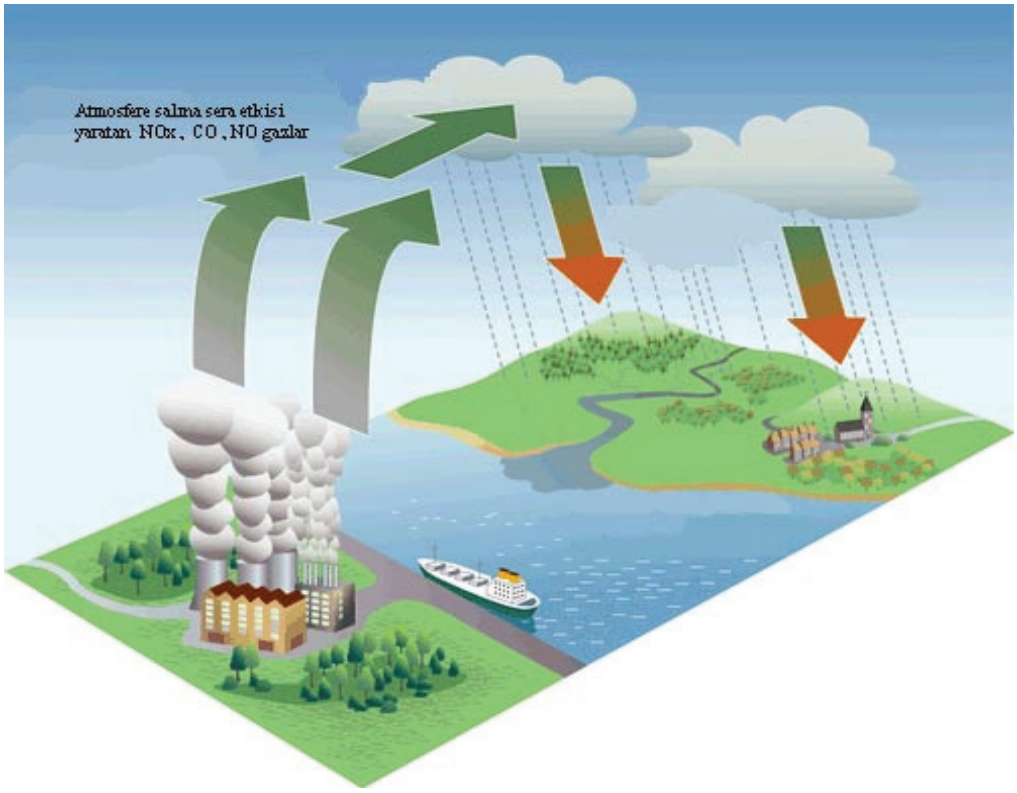
Sanayi tesislerinin kuruluşunda ve işletilmesi esnasında gerekli tedbirlerin alınmaması uygun teknolojilerin kullanılmaması ve kontrolsüz proses uygulamaları kirletici emisyonların oluşumuna neden olmaktadır. Kirletici Emisyonları kontrol etmek için önce kirleticilerin kaynaklarını tespit etmek gereklidir. Kirleticilerin oluşum sebeblerini ortadan kaldırmak ve ya en aza indirecek tedbirleri almak muhtemel kirliliğin önlenmesinde yapılabilecek ilk işlemdir. Şayet tüm tedbirlere rağmen bu kirliliğin oluşumunun engellenememesi söz konusu olduğunda ise yapılabilecek işlem bu kirliliğin giderimine yönelik işlemlerin uygulanmasıdır. Kirletici emisyonları önleme yada giderme amacıyla yapılacak işlemler 3 grupta incelenebilir:

- Emisyon oluşumuna neden olacak işlemler öncesi alınan tedbirler.
- Emisyonun oluşumu esnasında uygulanacak tedbirler
- Emisyon oluşumu sonrasında kirliliği giderime yönelik tedbirler.

En önemli ve en yaygın hava kirliliği kaynakları katı, sıvı ve gaz yakıtların kullanıldığı yakma prosesleridir. Bu proseslerden oluşan kirliliğin önlenmesi veya giderilmesi için Yakma öncesinde kullanılacak yakıtın desülfürisazyon işlemine tabi tutulması ile muhtemel Kükürt emisyonu oluşumunu engellenebilecek yada yasal sınırlar altına düşürülmesi sağlanacaktır. Yakma esnasında uygulanacak bazı yöntemler ile ise gerek kullanılan yakıt gerekse uygulanan proses neticesinde oluşan NOx, CO ve CO_2 gibi kirletici yanma ürünlerinin kontrol edilmeleri veya yasal sınırlar altına düşürülmesi mümkündür.

Bu yöntemlerden bazıları ; sisteme beslenen havanın ayarlanması (artırma/azaltma), atık baca gazının belli oranda sisteme geri beslenmesi (yoğuşma) , yakma sisteminde yapılabilecek modifikasyonlar ve yakma sistemi içine adsorplayıcı maddeler (kalsiyum,potasyum gibi) ilave etmek şeklinde tanımlanabilir. Yakma işlemi neticesinde oluşan ve alınan tüm önlemlere rağmen yasal sınırlar üstünde değerlere sahip kirliliklerin oluşması durumunda ise bu kirliliği giderecek/yasal sınırlar altına düşürecek işlemler ugulanabilir. Fiziksel yada kimyasal filtrasyon sistemleri kirlilik giderimi konusunda yapılabilecek işlemlerdir. Özellikle Klor,Flor,Dioxsin,Furan, VOC,PAH gibi kirletici parametlerin giderimi konusunda komplex filtrasyon sistemlerinin kullanılması gereklidir.

Şekil 2.1 : Asit Yağmurları Oluşumu Simülasyonu



2.2.1 EMİSYONLARIN ÇEVREYE VERDİĞİ ZARARLAR

Dünya'nın atmosfere yakın yüzeyinin ortalama sıcaklığı 20. yüzyılda 0.6 (± 0.2)°C artmıştır. İklim değişimi üzerindeki yaygın bilimsel görüş, "son 50 yılda sıcaklık artışının insan hayatı üzerinde farkedilebilir etkiler oluşturduğu" yönündedir. Küresel ısınmaya, atmosferde artan sera gazlarının neden olduğu düşünülmektedir. Karbondioksit, su buharı, metan gibi bazı gazların, güneşten gelen radyasyonun bir yandan dış uzaya yansımasını önleyerek ve diğer yandan da bu radyasyondaki ısıyı soğurarak yerkürenin fazlaca ısınmasına yol açtığı ileri sürülmektedir. Su buharı, diğer sera gazlarından farklı olarak güneşten gelen radyasyonun şiddetine ve gezegenin ortalama ısısına göre sabit olan bağlı bir değişkendir. Dolayısıyla küresel ısınma konusunda pasif zararlara sahiptir. Ancak diğer sera gazları, yer yer bağımsız değişken olarak küresel ısınma üzerinde aktif bir etki yaratabilirler. Örneğin karbondioksit, yoğun volkanik etkinlik sonucu ya da insanlar tarafından fosil yakıtların yakılmasıyla yoğun olarak atmosfere salınabilir. Bu durum, gezegenin ortalama ısısından bağımsız olarak ortaya çıkabilen ve ortalama ısının artması sonucunu doğuran bir etken olarak işlev görür. Bugün için bilim çevrelerinde küresel ısınmadan başat rolün atmosferde karbondioksit oranının artmasına bağlanmaktadır. Her ne kadar atmosferdeki karbondioksit, yeşil bitkilerin fotosentez olayında, karbondioksitin litosfer yüzeyinde suda çözünmesiyle, atmosferden çekilmekte ise de, bu mekanizmaların kapasitesinin üzerinde karbondioksit salınımı, gezegen üzerinde sera etkisi yaratmaktadır. Su buharı dışındaki sera gazları dolayısıyla gezegen yüzeyindeki ortalama sıcaklığının artması, buharlaşmanın artmasına yol açacaktır. Bu ise atmosferde daha fazla su buharı, yani bulut oluşmasına yol açmaktadır. Bulutlar, güneşten gelen radyasyonun bir bölümünü

dış uzaya yansıtırken bir bölümünü soğurarak ısınırlar, bir bölümünü de yeryüzüne geçirirler. Litosfer ve hidrosfere ulaşan bu radyasyonun da bir bölümü soğurularak ısınmaya yol açarken bir bölümü dış uzaya yansır. Dış uzaya yansıyan radyasyon yeniden bulut kütlesi ile karşılaştığında, aynı olaylar yaşanır, yansıtılır, soğurulur, dış uzaya kaçar. Bu mekanizma, su buharı dışındaki sera gazlarının atmosferde artması sonucu bulutların sera etkisini artırmakta, küresel ısınmaya yeni bir katkıya yol açmaktadır. Dünya Savaşı sonrasında dünya nüfusu 2 kat, buna karşılık enerji kullanımı 4 kat artmıştır. 1958 yılında atmosferdeki 315 ppm/m^3 karbondioksit oranı 2004'te 379 ppm/m^3 olmuştur. ABD dünya nüfusunun %4'üne sahipken karbondioksit üretiminin %25'ini gerçekleştirmektedir. The Observer gazetesinin Şubat 2004'te yayımladığı Pentagon'a ait Küresel Isınma Raporu'na göre önümüzdeki 20 yıl içerisinde Avrupada birçok kıyı kenti sular altında kalacaktır. Guardian gazetesinde 2004 yılında yer alan küresel ısınma haritasına göre bundan en az etkilenen bölgeler Türkiye ve Ortadoğu ile kıyı kesimleri hariç Kuzey Afrika'dır. İklim sistemi içsel ve dışsal (insani etkiler, güneş hareketleri ve sera gazları, vb.) nedenlerden etkilenmektedir. İklimbilimciler (klimatolog) küresel ısınma konusunda hemfikirdirler. Bu değişimin detaylı nedenleri açık bir araştırma alanıdır ama bilimsel çoğunluk sera gazlarının son zamanlardaki sıcaklık artışının başlıca nedeni olduğunu belirtmektedir. Atmosferdeki karbondioksit (CO_2) ve metan (CH_4) oranlarındaki artış dünya yüzeyinin sıcaklığını yükseltmektedir. CO_2 oranındaki artış dünyanın yüzeyini ısıtmakta ve kutuplara yakın buzların erimesine yol açmaktadır. Buzlar eridikçe yerlerini kara veya sular almaktadır. Kara ve suların buza oranla daha az yansıtıcı olması güneş ışınımı emilimini arttırmakta ve dolayısıyla buzullarda daha fazla erimeye yol açmaktadır.

2.2.2 SERA ETKİSİNDEKİ ARTIŞ ORANI

Ortalama koşullarda, Yer/atmosfer sistemine giren kısa dalgalı güneş enerjisi ile geri salınan uzun dalgalı yer ışınımı dengededir. Güneş ışınımı ile yer ışınımı arasındaki bu dengeyi ya da enerjinin atmosferdeki ve atmosfer ile kara ve deniz arasındaki dağılışını değiştiren herhangi bir etmen, iklimi de etkileyebilir. Yer/atmosfer sisteminin enerji dengesindeki herhangi bir değişiklik, ışınımsal zorlama olarak adlandırılmaktadır. Sera gazı birikimlerindeki bu artışlar, Yerküre'nin uzun dalgalı ışınım yoluyla soğuma etkinliğini zayıflatarak, Yerküre'yi daha fazla ısıtma eğilimindeki bir pozitif ışınımsal zorlamanın oluşmasını sağlamaktadır. Yer/atmosfer sisteminin enerji dengesine yapılan bu pozitif katkı, artan ya da kuvvetlenen sera etkisi olarak adlandırılır.

Bu ise, Yerküre atmosferindeki doğal sera gazları (su buharı (H_2O), CO_2, CH_4, N_2O ve ozon (O_3)) yardımıyla yüz milyonlarca yıldan beri çalışmakta olan bir etkinin, bir başka sözle doğal sera etkisinin kuvvetlenmesi anlamını taşımaktadır. Artan sera etkisinden kaynaklanabilecek bir küresel ısınmanın büyüklüğü, her sera gazının birikimindeki artışın boyutuna, bu gazların ışınımsal özelliklerine, atmosferik yaşam sürelerine ve atmosferdeki varlıkları sürmekte olan öteki sera gazlarının birikimlerine bağlıdır. Dünya, enerjisinin büyük bir bölümünü fosil yakıtları yakarak sağlamaktadır ve bu sadece petrol değil, kömür ve doğal gaz da dahildir. Bu yanma sonucunda karbondioksit açığa çıkmaktadır. Karbon, yüz milyonlarca yıldır yeryüzündeki fosil yakıtlarda depolanmıştır. Özellikle son yüzyılda, büyük miktarlarda fosil yakıt yakılması sonucu, açığa çıkan karbondioksitte de artış olmuştur.

Bütün karbondioksit atmosferde kalmaz; bir kısmı okyanus ve göl sularında çözünür ve bir kısmı da, kalsiyum ve magnezyum karbonat formunda kayaya dönüşür. Fakat ölçümler, atmosferdeki karbondioksit miktarının her yıl yavaşça arttığını göstermektedir. Atmosferdeki karbondioksit miktarının artışı, önemli bir problemi de beraberinde getirmektedir. Karbondioksitin görünür ışığa karşı geçirgenliği vardır, fakat kızıl-ötesi ışığı emer. Dünyanın güneşten aldığı enerji, çoğunlukla görünür ışık formundadır. Atmosferdeki karbondioksit, görünür ışığa karşı geçirgen olduğu için, enerji direkt olarak yeryüzüne ulaşır. Fakat yeryüzünden yansıyan ışık genelde kızıl-ötesi formundadır ve atmosferdeki karbondioksit tarafından emilir. Karbondioksit molekülü bu enerjiyi tutmaz ve bütün yönlere olmak üzere tekrar yayar ve böylece, bir kısmını yeryüzüne geri göndermiş olur. Karbondioksitin etkisi, güneşten gelen enerjinin yeryüzüne ulaşmasını engellemek şeklinde değil, fakat bu enerjinin bir kısmının uzaya geri gitmesini önlemek şeklindedir. Bu süreç ‘’sera etkisi’’ olarak tanımlanmaktadır. Atmosferdeki karbondioksit miktarının her yıl arttığı düşünüldüğünde, yeryüzündeki ortalama sıcaklıkta derece derece gerçekleşecek bir artış beklentisi ortatya çıkmaktadır. Dünyanın ikliminde ciddi etkileri olması için, sıcaklık artışının çok büyük olması gerekmez. Antarktika buzunun eriyerek, dünyanın kıyı şehirlerinde sel haline dönüşmesi için, yaklaşık 4°C' lik bir artış yeterli olacaktır. 1975 yılından bu yana, ortalama sıcaklık yavaş yavaş artmaktadır. Evren, üzerine düşen güneş ışınlarından çok, dünyadan yansıyan güneş ışınlarıyla ısınır. Bu yansıyan ışınlar başta karbondioksit, metan ve su buharı olmak üzere atmosferde bulunan gazlar tarafından tutulur, böylece dünya ısınır. Işınların bu gazlar tarafından tutulmasına sera etkisi denir. Atmosferde bu gazların miktarının artması Yerküre'de ısınmayı artırır. Günümüzdeki tehlike, karbondioksit ve diğer sera gazlarının miktarindaki artışın bu doğal sera etkisini

şiddetlendirmesinde yatmaktadır. Binlerce yıldır dünyamızdaki karbon kaynakları kararlı kalırken, şimdi modern insanoğlu aktiviteleri, fosil yakıtlarin kullanımı, ormanların yokoluşu, aşırı tarım yapılması, atmosfere büyük miktarlarda karbondioksit ve diğer sera gazlarının atmosfere salınmasına sebep olmaktadır. Küresel ısınma, sera etkisiyle atmosferin periyodik olarak sıcaklığının artarak ısınması olup, doğal bir süreçtir. İnsanların aktiviteleri sonucunda atmosfere, özellikle gazların girdileri arttığından etki giderek fazlalaşmaktadır. 16.02.2001 tarihinde Cenevre'de açıklanan BM Çevre Raporu'na göre 21. Yüzyılda, ortalama hava sıcaklığının 1.4 °C ile 5.3 °C arasında artacağı, buzulların erimesiyle denizlerin 8-88 cm kadar yükseleceği, uzun vadede dünyanın fiziksel yapısında geri dönüşümü olmayan değişiklikler ortaya çıkacağı, Afrika kıtasında, tarım rekoltesinin düşeceği, ortalama yıllık yağış miktarının azalacağı, su sıkıntısı görüleceği, Asya kıtasında, kurak ve tropik bölgelerde yüksek sıcaklıklar, seller ve toprak bozulması, kuzey bölgelerinde ise tarım rekoltesinde artış görüleceği, tropik kasırgaların artacağı, Avrupa kıtasında, güney bölgelerinin kuraklığa eğilimli hale geleceği, Alp Dağları buzullarının yarısının 21. Yüzyılın sonunda yok olacağı ve tarım rekoltesinin azalacağı, Kuzey Avrupa'da ise tarım rekoltesinin artacağı, Lâtin Amerika'da kuraklık olacağı, sellerin çok sık tekrarlanacağı, tarım rekoltesinin azalacağı, sıtma ve koleranın artacağı, Kuzey Amerika'da tarım rekoltesinin artacağı, özellikle Florida ve Atlantik kıyılarında deniz seviyesinin yükseleceği, büyük dalgaların oluşacağı ve sellerin görülebileceği, sıtma ve ateşli humma gibi hastalıkların artacağı, sıcaklık ve nem artışıyla ölüm oranının artacağı, Polar bölgelerde buzulların eriyeceği, bitki ve hayvan türlerinin sayısının ve dağılımının etkileneceği, buzulların erimesiyle bağlantılı olarak deniz seviyesi her yıl 0.5 cm kadar yükseleceğinden, gelecek 100 yıl içersinde mercan kayalıklarının zarar göreceği, çok sayıda küçük ada ve kıyı kentlerinin

sulara gömüleceği gibi öngörülere yer verilmekte ve dünyanın bilinmezlerle dolu bir geleceğe doğru yol aldığı ortaya konmaktadır. Küresel ısınma üzerinde en etkili gaz olan karbondioksit emisyonlarını % 5 oranında azaltmak için bütün ülkelerin doğayı etkilemeyen yeni endüstri politikalarını devreye sokmak zorunda olduğu belirtilmektedir.

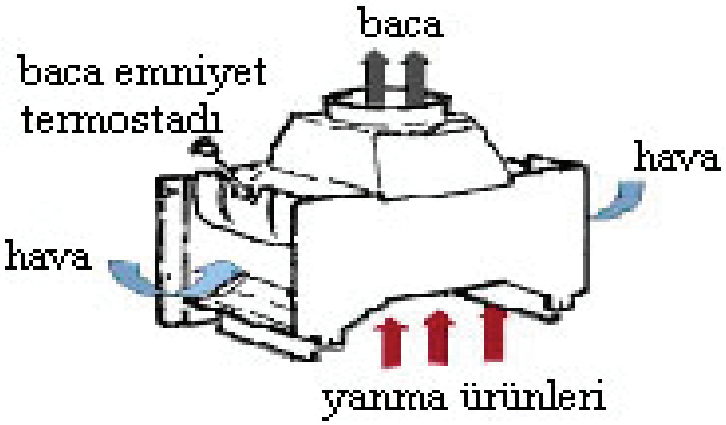
3.1 KOMBİ CİHAZLARI :

Isınma ve kullanım amaçlı sıcak su üreticisi olarak kullanılan aygıttır. Kullanım sıcak suyu temini bu cihazlarda önceliklidir. Kombi cihazları kat kaloriferi olarak ısıtma işlemini görürken aynı zamanda sıcak kullanım suyunu da hazırlar. Kombi cihazı uygun bir duvara montaj edildikten sonra ısıtma devresi ile sıcak/soğuk su boru hattı cihaza bağlanır. Gaz bağlantısı yapıldıktan sonra cihaz kullanıma hazırdır. Doğalgaz veya Lpg ile çalışır. Aynı cihaza gaz dönüşümü yapılarak doğalgazlı veya Lpg li kullanılabilir.Kombi cihazlarının atık gazı atış ve yanma için gerekli oksijeni alma şekillerine göre bacalı ve hermetik tipleri bulunmaktadır. Son dönemde gelişmiş yeni bir teknolojide yoğuşmalı kombi teknolojileridir. Bu modeller de bacadan atılan atık gaz içerisindeki su buharının yoğuşturularak içerisindeki gizli ısının sisteme ön ısıtma olarak dahil edildiği sistemlerdir. Kombiler az yer kaplaması , gelişmiş kontrol sistemlerine sahip olması ve en önemlisi kullanıcısına farklı konfor beklentilerinde hizmet verebilecek şekilde kullanılabilme imkanı ile tercih edilmektedir. Kombilerin atık gazı cihazdan uzaklaştırma ve yanma için gerekli oksijeni temin etme şekillerine göre temelde ikiye ayrılmaktadır.

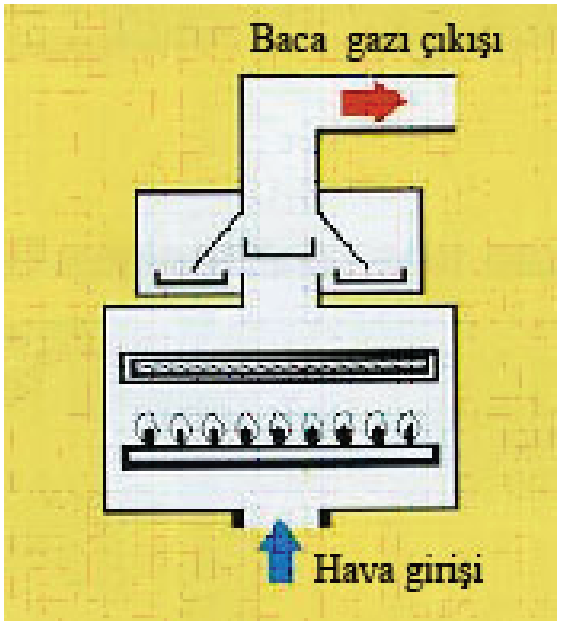
3.1.1 BACALI KOMBİLER :

Bacalı tip kombide yanma havası kombinin bulunduğu ortamdan sağlanmaktadır. Atık gaz bina bacası ile çatıdan atmosfere atılmaktadır. Bacalı kombilerin monte edileceği ortamların havalandırma şartlarının yeterli olması ve uygun boyutlarda iyi çekişli baca bulması gerekmektedir. Bacalı kombiler ihtiyaç duydukları oksijeni ortamdan sağladıkları için yanma odası ortam ile temas halindedir. Bu kombi modellerinde baca çekişinin yetersiz olması durumunda ortama atık gazların karışma riski mevcuttur. Bunu engellemek için baca çekişi düştüğü zaman cihazın baca sıcaklığı artacağı için bu sıcaklığa duyarlı gaz kesme tertibatı olan termostatlar kombilerde zorunlu olarak kullanılmaktadır.

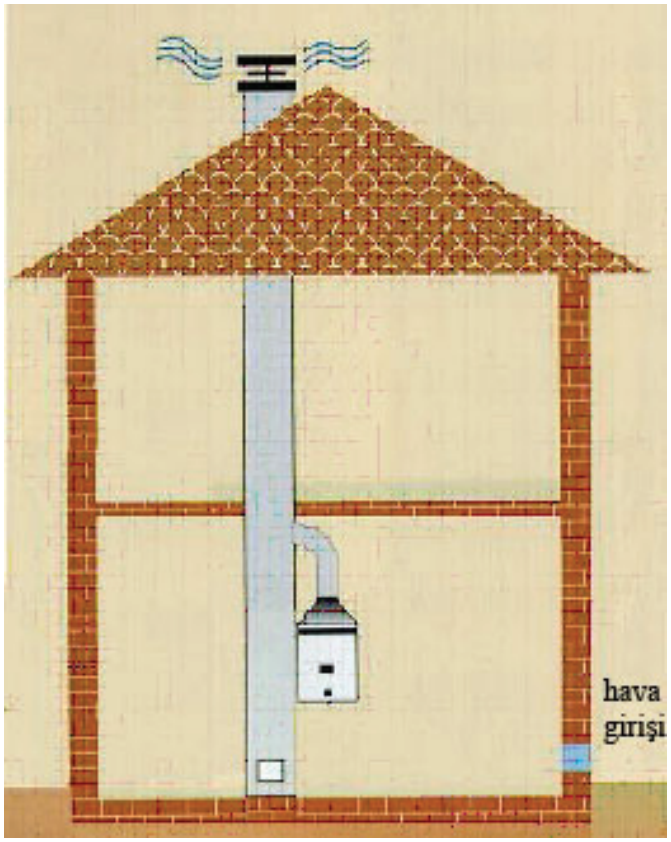
Şekil 3.1 : Kombi Baca Davlumbazı



Şekil 3.2 : Baca Davlumbazı



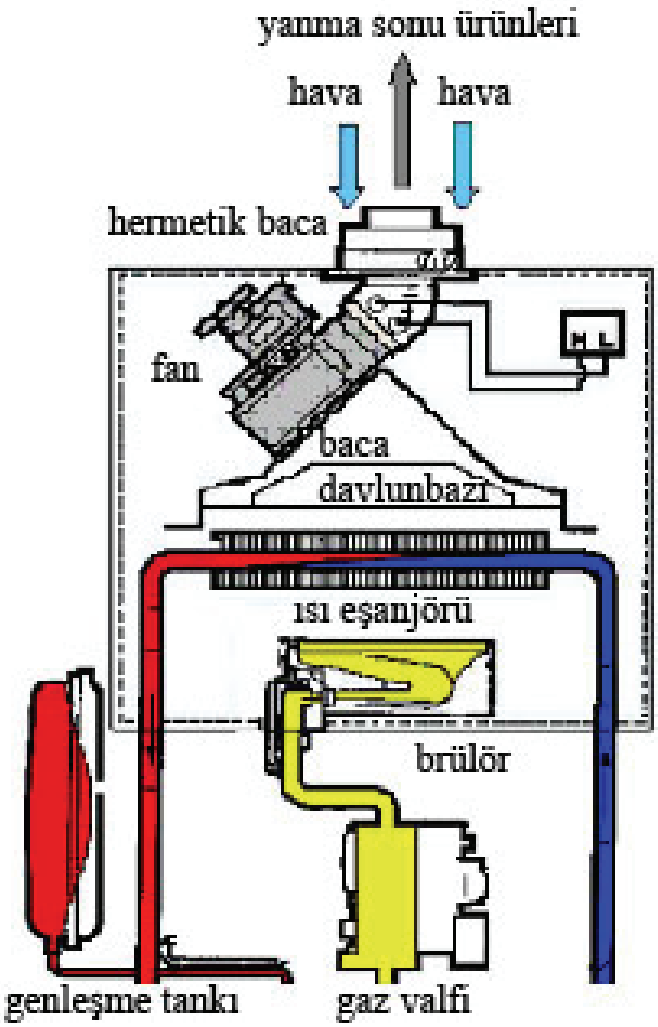
Şekil 3.3 : Bacalı Kombi Bağlantısı



3.1.2 HERMETİK KOMBİLER

Hermetik kombilerde yanma için gerekli olan hava bir fan kiti ile dış atmosferden alınıp yanma sonucunda oluşan atık gaz aynı sistemle atmosfere atılmaktadır. Yanma sırasında ortam havası kullanılmadığından ortamı havalandırmaya gerek yoktur. Hermetik kombiler bacası uygun olmayan konutlarda yaygın olarak kullanılabilmektedir.

Şekil 3.4 : Hermetik Kombi Çalışma Şeması

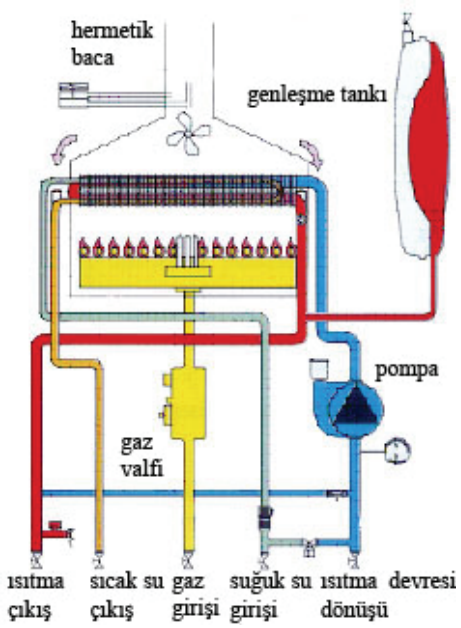


Kombi cihazları, kullanım sıcak suyunu ve radyatör devresindeki kapalı devre akışkanı ısıtmak için farklı eşanjör yapılarına sahiptir. Kombi cihazlarını eşanjör yapılarına göre de sınıflandırmak mümkündür. Her eşanjör tipindeki kombilerin kendi içerisinde hermetik ve bacalı modelleri bulunmaktadır.

3.2.1 TEK EŞANJÖRLÜ KOMBİLER

Hem tesisat suyunu hem de kullanma suyunu bileşik (Tek) eşanjöründe ısıtan kombilerdir. Tek eşanjörlü kombilerin eşajörleri iç içe iki borudan oluşmaktadır. Pompa ile cihaza giren kalorifer devresi suyu eşanjörden geçerken ısıtılıp tesisata gönderilir. Kullanım suyu açıldığında kombinin pompası çalışmaz, iç içe borulardan oluşan eşanjörün içinden geçen su ısınarak dönüş hattından tesisata gider.

Şekil 3.5 : Tek Eşanjörlü Kombi Çalışma Şeması



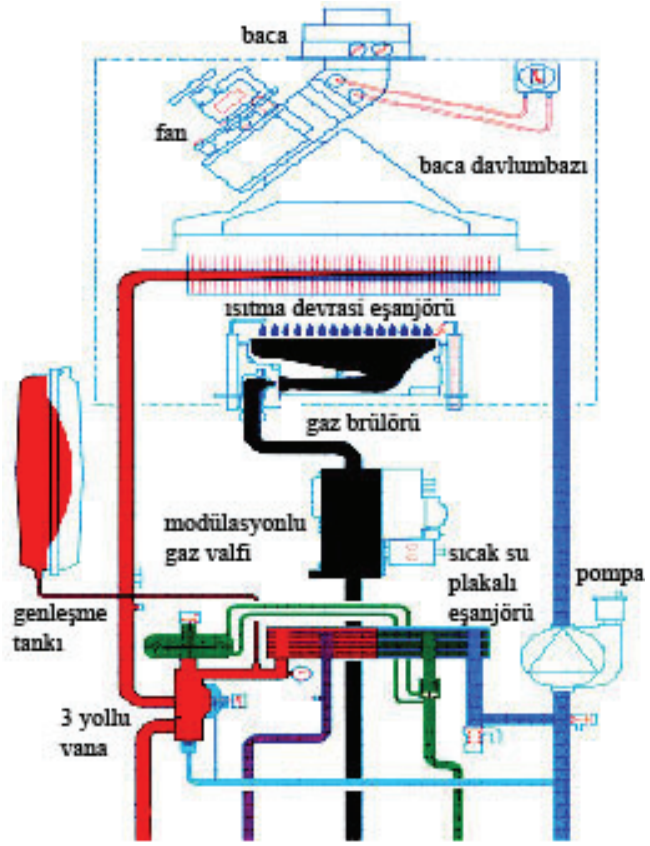
Tek eşanjörlü kombilerde bileşik eşanjör adı verilen hem ana eşanjör hemde kullanım suyunu eşanjörü görevini gören özel eşanjör vasıtasıyla tesisat suyu kullanım suyunu ısıtmaktadır. Bu esnada tesisat suyu ile kullanım suyu birbirine karışmamaktadır. Bu teknolojide temel problem özellikle kullanım suyu kullanılmadığı zaman eşanjör de bekleyen kullanım suyunun ısıtma fonksiyonunda çalışan kombi tarafından ısıtılmasıdır. Burada kontrolsüz sıcaklıklar oluşması halinde şebeke suyu bünyesindeki kireci eşanjör içerisine bırakabilmektedir. Zaman içerisinde eşanjörün kullanım ömrünü ve performansını etkileyecek bu durum kombide ancak gelişmiş elektronik kontrol ve ilave fonksiyonlar ile giderilebilmektedir. Bu teknolojilerinde çok yaygın kullanılamadığı gözlemlenmiştir. Genellikle kombinin ilk devreye girdiği anlarda eşanjör yüzeyinden ısı tesisatta dolaştırılan kapalı devre akışkana aktarılamadığı için eşanör içerisinde bekleyen kullanım suyuna aktarılabilmektedir. Özellikle 85 ^{o}C üzerinde su içerisindeki kireç çözünerek partiküller halinde oluşma eğiliminde olduğu için bu değerlerin oluşma riski çok yüksektir. Burada mutlaka pompa ile ilave sirkülasyon otomasyonlar veya fanın ilave çalışma süreleri ile istenmeyen ısının eşanjör yüzeyinden atılmasını sağlayacak uygulamalar elektronik olarak programlanmalıdır. Bir diğer handikap ise kullanma suyunun ve tesisat kapalı devresinde dolaştırılan suyun aynı tümleşik eşanjörde aynı malzemede ısıtılmasıdır. Bakır malzeme ısı transfer kabiliyeti yüksek olmasına rağmen hijyenik kullanım için çok uygun değildir. Özellikle gıda sektöründe kullanılan bakırın kalay denen kimyasal süreçlere tabi tutulması gerekmektedir. Bu konuda gelişen teknoloji kullanım sıcak suyunun emaye veya paslanmaz çelik sistemlerde üretilmesini gerekli kılmıştır. Paslanmaz çelik kullanım suyu eşanjörleri bakır eşanjörde ısıtılan sıcak suyun ısısının kombi içerisinde kısa devre

dolaştırılarak kullanım suyu eşanjöründe aktarılması teknolojisinin gelişmesine vesile olmuştur.

3.2.2 ÇİFT EŞANJÖRLÜ KOMBİLER

Çit eşanjörlü kombilerde kalorifer devresi suyu ana eşanjörde, kullanım devresindeki su ise plakalı eşanjör denilen diğer bir eşanjörde ısıtılır. Kullanım devresi suyu açıldığında üçyollu motorlu vana kalorifer devresini kapatarak suyu plakalı eşanjöre yönlendirir. Eşanjöre girip plakalar arasında ilerleyen kapalı devre sıcak su, plakalı eşanjörün diğer kanallarından geçen kullanım suyunu ısıtır.

Şekil 3.6 : Çift Eşanjörlü Kombi Çalışma Yapısı



3.3.1 ÜÇ EŞANJÖRLÜ YOĞUŞMALI KOMBİLER

Geleceğin ısıtma sistemlerinde gelişme iki yönde olmaktadır. Birinci yöndeki gelişmeler sistem verimlerinin artırılmasına yöneliktir. Yakın geçmişte ve günümüzde ısıtma sistemlerindeki asıl gelişme kazan verimlerinin artırılması yönünde olmuştur. Bu yöndeki gelişmeler yoğuşmalı doğal gaz kazanlarının ortaya çıkışıyla en uç noktasına ulaşmıştır. Doğalgaz yakan yoğuşmalı kazanlar ısıtma sektöründe en yüksek verimli cihazlar olarak bugün yaygın bir kullanım noktasına ulaşmıştır.

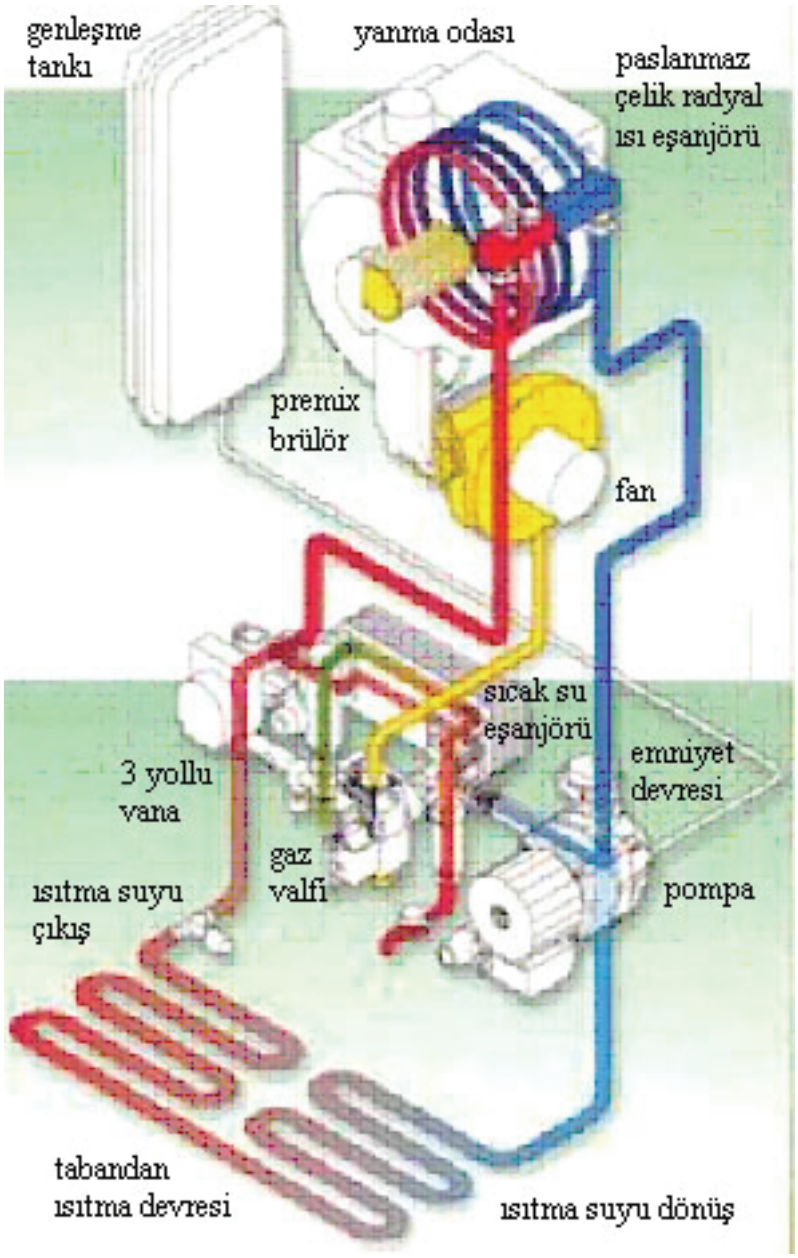
Şekil 3.7 : Üç Eşanjörlü Kombilere Ait Alüminyum Yoğuşma Eşanjörü



Bugün kendinden yoğuşmalı kazanlar ile daha küçük boyutlarda daha yüksek verimler elde edilmektedir. Yakıt tüketimi azaltılırken, montaj için daha küçük alanlar yeterli olmaktadır. Yoğuşmalı tip kazanlarda yanma ürünleri içindeki su buharının yoğuşturulmasıyla, buharın yoğuşma enerjisinden çok yüksek oranda yararlanmak mümkün olabilmektedir. Yoğuşmalı kazanlarda tasarımın ana gayesi yoğuşma yaratmaktır. Fazladan yoğuşma enerjisinin kullanılmasıyla alt ısıl değere göre tanımlanan ısıl verim %100 değerinin üzerine çıkabilmektedir. İdeal olarak doğal gazda alt ısıl değere göre tanımlanan ısıl verim %111 değerine kadar çıkabilir. Bunun için duman gazı ile temas eden yüzeylerin sıcaklıklarının 55°C altına indirilmesi gerekir. Pratik olarak en düşük dönüş suyu sıcaklıklarına döşemeden ısıtma sistemlerinde inilebilmektedir. Bu tip uygulamalarda %109'a varan norm kullanma verimlerine ulaşılabilmektedir. Yoğuşmalı kazanlarda yüzeylerde yoğuşan suyun yarattığı korozyon etkisine karşı özel malzeme kullanmak gerekmektedir. Buharı yoğuşturan özel ısı eşanjörü ile yoğuşmadaki gizli ısı, bacadan geri kazanıldığı için yoğuşmalı kombiler geleneksel kombilere göre daha verimlidir. Geleneksel ısıtma sistemlerine göre %35' e varan enerji tasarrufu sağlaması enerjinin rasyonel kullanımı yönünde büyük bir adım olarak görülmektedir. Yoğuşmalı kazanlar geleneksel kazanlar ile mukayese edildiklerinde gaz tüketiminin gözle görülür bir şekilde az olduğu farkedilir. Buharı yoğunlaştıran özel ısı eşanjörü ile yoğuşmadaki gizli ısı bacadan geri kazanıldığı için yoğuşmalı kazanlar geleneksel kazanlara göre daha verimlidir. Baca sıcaklığının düşük olması sebebiyle yanma esnasında ve kalorifer tesisatında oluşan ısı kayıpları çok düşüktür Fanın ilerisine monte edilmiş ikinci ısı eşanjörü sayesinde düşük gaz tüketir ve yüksek verimliliktedir. Gaz valfi ayarı için baca analizörü gerekmez.

3.3.2 PREMİX YOĞUŞMALI KOMBİLER

Şekil 3.8 ; Premix Kombi Çalışma Şeması



Premix eşanjör sistemi ile atıkgaz sıcaklığı düşürülerek yanma sonucu oluşan su buharı sisteme geri kazandırılmakta ve bunun sayesinde de yüksek verim elde edilmektedir.

Uygulanan bu teknik kombilerin standart kombilere göre başlıca farkı, baca gazı ürünlerindeki nem yoğunlaştığında ortaya çıkan buharlaşma gizli ısısının bir kısmının kullanılabilmesi ve ısı geri kazanım kabiliyetleridir. 1 m3 doğalgaz başına 1.5 ile 1.7 kg arasında su oluşmaktadır. 1 kg-su başına açığa çıkan buharlaşma ısısı 539 kcal'dir. Bu enerji gizli ısı olarak anılmakta ve standart kombilerde bu ısıdan yararlanılmamaktadır. Yoğuşmalı kombiler; bacadan atılan gazların içindeki su buharında bulunan enerjiyi, gazları yanma bloğunun içinde tekrar dolaştırmak suretiyle özel olarak dizayn edilmiş kanatçıklara çarptırarak alır ve tesisat suyuna aktarır.

Konvansiyonel kombilerin çalışmaları sırasında bacadan atılan atık gaz sıcaklığı 135 °C seviyelerindedir.Yoğuşmalı kombilerde baca sıcaklığı 55 °C seviyelerine kadar düşebilmektedir.Bunu başarabilmek için ısıtma tesisatının doğru projelendirilmesi ve tesisatta kullanılan ısı değiştirgeçlerinin seçimi önem kazanmaktadır.Temelde tesisatta dolaşan ısı transfer akışkanının cihaza soğuk gelmesi ısı transferinin baca gazlarında daha yüksek olmasına sebebp olacak ve bu şekilde baca gazı sıcaklığı düşecektir.Örneğin yerden ısıtma sistemleri çalışma prensiplerine göre düşük sıcaklık sistemleri olup yoğuşma teknolojisine en yatkın sistemlerdir.Panel radyatör sistemlerinde ise ısı transfer yüzeyini arttırmak doğru yaklaşım olacaktır.

3.4.1 KOMBİLERİN ÇALIŞMA PRENSİPLERİ

Türkiye'nin Kombi cihazlarıyla tanışması doğalgazın evlerde ısınma ve kullanım sıcak suyu elde edilmesi için kullanılması ile olmuştur. Kombilerin kullanımına ülkemizde yaygın olarak 1989 yılında başlanmıştır.

Pratikliği, kullanım kolaylığı, temizliği, az yer kaplaması ve sessiz olarak çalışması nedeniyle kullanımı Avrupa'da olduğu gibi ülkemizde de gün geçtikçe yaygınlaşmaktadır.

3.4.2 KOMBİLERİN KULLANICILARA SAĞLADIĞI AVANTAJLAR

• Isıtma ve sıcak su gereksinimi aynı cihazdan karşılanır.

• Gaz şirketi, her bir evin tüketimini ayrı ayrı fatura eder. Böylelikle, çoğu kez sosyal problemlere yol açan ve aynı zamanda teferruatlı ve hakkaniyetsiz olan tüketim bölüştürme işlemi ortadan kalkmış olur. Başka bir deyişle kullanıcı istediği kadar yakar ve yaktığı kadar yakıt bedeli öder.

• Evde bulunulmayan ve enerji ihtiyacı bulunmayan sürelerde cihaz devre dışı kaldığından gereksiz yakıt sarfiyatı olmaz.

• Gaz dönüşümü son derece kolay ve ucuzdur.

• Atık gaz emisyon değerleri düşüktür, çevreyi kirletmez.

• Her türlü oda ve dış hava termostat bağlantısı mümkündür (Marka ve modellere göre değişkendir).

3.5 KOMBİ ATEŞLEME SİSTEMİNDE OTOMASYON

Önceleri Pilot Alevli Ateşleme Sistemi kullanılmaktaydı. İlk çalıştırma için, önce gaz düğmesine sonuna kadar basılarak, gaz valfinden pilot borusu vasıtasıyla gaz gelmesi beklenir ve gaz düğmesinden el çekmeden aynı anda çakmağa basılarak pilot

alevi oluşturulurdu. İlk çalıştırmada sistemde hava olma ihtimaline karşı ve alevin sönmemesi için gaz düğmesine basılı olarak bir süre tutulurdu.

Oluşturulan pilot alevi, sistem çalıştığı sürece sürekli olarak yanık kalır ve kombi devreye gireceği zaman pilot alev ana brülörde yanmayı sağlardı. Gaz kesildiği zaman alevi söndürmek termokupl ile bağlantılı emniyet sistemi ile gerçekleştirilirdi. Hermetik pilot alevli modellerde, elektrik kesildiği zaman hermetik yanma odasına dışarıdan yanma havası temin eden fan durduğu için, yanma odasındaki hava tükenince pilot alev kendiliğinden sönerdi. Termokupl ile bağlantılı emniyet sistemi devreye girerek gaz valfini kapatırdı. En önemli dezavantajlardan biri, elektrik geldiği zaman pilot alevini tekrar yakmak gerekliydi. Pilot alevinin çok düşük seviyede de olsa ekstra bir gaz tüketimi bulunmaktaydı. Pilot alevli bir kombinin ateşleme sistemini oluşturan ana elemanlar ve fonksiyonları aşağıda açıklanmıştır

a) Pilot alevi yakma düğmesine basılınca gaz hattında önce pilot gazına geçiş veren emniyet valfi açılır. Pilot alevi yandığı ve termokupldan yeterli gerilim geldiği sürece bu hat açık kalır. Karttan gelen sinyal doğrultusunda solenoid ana gaz hattını açar.

b) Ana yakıcıyı ateşler. Kombi çalıştığı sürece yanar. Böylece kombi çalışırken sönüp tekrar

yanması gerektiğinde ana yakıcı pilot alevi tarafından yeniden ateşlenir.

c) Pilot yakıcıdaki alevin sıcaklığını hissederek bu sıcaklık oranında gerilim üretir. Bu gerilim gaz valfi içindeki emniyet valfinin bobinini enerjilendirir ve gaz hattının açık kalmasını sağlar. Pilot alevi sıcaklığı düştüğünde veya alev söndüğünde yeterli gerilimi üretemiyeceğinden gaz valfinden ana gaz geçişinin kesilmesini sağlar ve kombi kapanır.

d) Gaz valfi düğmesi ile birlikte çalışır. Düğmeye basıldığında bağlı olduğu elektrik devresini

tamamlayarak ateşleme bobinine elektrik gitmesini sağlar.

e) Ateşleme an anahtarı devreyi tamamladığında gerilim üreterek ateşleme elektrodlarının çakmasını sağlar.

Bugünün kombilerinde ateşleme elektronik ve otomatik olarak yapılmaktadır.

a) Ateşleme Kartı: Yanma ihtiyacı olduğunda ana karttan gelen sinyalle ateşlemeyi yapar. Ateşleme sonrasında alev oluşursa iyonizasyon elektrodundan gelen sinyal doğrultusunda ateşlemeyi keser.

b) Elektronik Ateşleme Elektrodu: Ateşleme kartından gelen uyarı ile ateşleme yapar.

c) İyonizasyon Elektrodu: Yakıcıdaki alev sıcaklığını hissederek ateşleme kartına "alev oluştu'' sinyali gönderir ve ateşlemeyi durdurur.

3.6 KOMBİLERDE SÜREKLİ ARTTIRILMAYA ÇALIŞILAN KULLANIM VERİMİ

Yakın geçmişin kombileri baca gazları yoğuşmayacak ve eşanjörlerde korozyon olmayacak şekilde tasarlanıyordu. Yoğuşma ve korozyon riski yüzünden, % 85-90 arasında değişen ısıl verimlerin üzerine çıkılamıyordu. Gelişen teknoloji ve yoğuşmalı kombilerin piyasada yer alması ile kombi verimleri % 109 oranlara yükseldi. Yoğuşmalı cihazların yüksek verimi iki etkenden kaynaklanmaktadır.

% 90-99 oranında dumanların gizli kalan ısısının tekrar elde edilmesinden ve atmosferdeki ilgili dumanların hassas ısılarının azalmasından. Doğalgazın yanma işlemi sırasında $2\ O_2 \Rightarrow 2\ H_2O$ buhar halinde su oluşur. Yakılan gazın herbir metreküpü başına 860 kcal harcanarak 1.6 kg buhar elde edilir. Klasik kombilerde, buharlaşmaya ilişkin olan bu gizli ısıdan yararlanılamamaktadır. Bu ısının geri kazanımı için yanma sonu ürünlerinin yoğuşturulması gereklidir. Yoğuşmalı kombilerde, dumanların atmosfere karışmadan yoğuşturulması sağlanır. Yoğuşma için gazların sıcaklığını yoğuşma sıcaklığı olan 560 ^{o}C'ye kadar düşürülmesi gerekir. Yoğuşmanın başladığı anda gazların sıcaklığı sabit kalır. Yoğuşmalı kazanlarda yoğuşmanın sağlanabilmesi için klasik kazanlara göre daha geniş ısı esanjörü, premix brülör ve gelişmiş elektronik kontrol ünitesi ile mümkündür. Baca gazı sıcaklığı 25 ile 350 ^{o}C arasında değişmektedir. Yoğuşmalı kazanlar NO_x, CO ve CO_2 gazlarından çok daha az emisyon yayarlar. Klasik ve yoğuşmalı kombi arasındaki farkları oluşturan en önemli elemanlar aşağıda sıralanmıştır:

a) Isı Eşanjörü: Yoğuşmalı kombilerin ebatları aynı kapasiteli klasik kazanlara oranla daha

büyüktür. Çünkü ana eşanjörün ısıtma yüzeyi daha fazladır. Daha geniş yüzeyli olarak tasarlanan ısı eşanjörü korozyona dayanıklı olabilmesi için alüminyum döküm veya paslanmaz çelik malzemeden yapılır.

b) Brülör: Yoğuşmalı kombilerde kullanılan brülörlerin ortak özellikleri;

- Yüksek verimle çalışmaları,
- Geniş modülasyon aralıkları, (klasik kombilerde

% 40-100, yoğuşmalılarda %16-100)

- Kullanılan gaz cinsine gore kolay ayarlanmaları,

- Servis ve bakım kolaylığı dikkate alınarak tasarlanmış olmalarıdır.

Geniş kapasite aralığında yapılan modülasyonla konutun o anki ısınma ihtiyacına göre gerekli ısı enerjisi en verimli şekilde üretilmektedir. Böylece hem yakıt ekonomisi hem sürekli sağlanan yanm ile dur-kalk işletmesi olarak adlandırılan çalışma tarzından kurtulmuş, temiz bir yanma elde edilmiş olmaktadır.

c) Fan: Sistemin en önemli iki elemanı fan ve gaz valfidir. Değişken hızlı fan, gerekli devir sayısını sağlayan sinyali, dış hava sıcaklığını referans alan ve yanma için gerekli hava miktarını sağlayacak optimum fan devir sayısını hesaplayan elektronik regülasyon sisteminden alır. Sinyal, konutun o anki hava koşullarında ısıtılabilmesi için gerekli olan enerjiyi temin edecek yanmayı sağlayacak hava miktarına göre fan devrini ayarlar. Değişken hızlı, DC motorlu kombi besleme fanı elektrik tüketimini klasik kombilere göre % 15-50 arasında azaltmaktadır.

d) Gaz Valfi: Yanma için gerekli olan gaz, bir fan ile kontrol edilen gaz armatürü vasıtasıyla

ayarlanır. Gaz ve püskürtülen havanın brülörden once karışmasıyla ‘’ön karışım’’ sağlanır ve bu karışım yanma odasında yakılır. Yoğuşmalı kombiler gerek Avrupa standartları çerçevesinde gerekse geleneksel kazanlara oranla NO_x, CO ve CO gazlarından daha az emisyon yayarlar. NO_x oranı genellikle 25 ppm’den az ve CO oranı ise 10 ppm’den azdır.

3.7 DOĞALGAZ'IN ÖZELLİKLERİ

Doğal gaz esas olarak metan (CH_4), daha az olarak etan (C_2H_6), propan (C_3H_8), bütan (C_4H_{10}) gibi hidrokarbon lardan meydana gelir. Ayrıca bileşiminde azot (N_2),karbondioksit (CO_2), hidrojen sülfür (H_2S) ile helyum (He) gazları da bulunmaktadır. Ancak hidrojen sülfür zararlı bir bileşen olduğundan, doğal gaz üretim noktasında bu bileşenden temizlenerek boru hattına pompalanır

Çizelge 3.1 : İthal Edilen Doğal Gazın Garanti Edilen Özellikleri

		GARANTİ EDİLEN	FİİLİ DURUM
METAN (CH_4)		En az %85	%98,68
ETAN (C_2H_6)		En fazla %7	%0,211
PROPAN (C_3H_8)		En fazla %3	%0,043
BÜTAN (C_4H_{10})		En fazla %2	%0,017
DİĞER HİDROKARBONLAR		En fazla %1	%0,033
KARBONDİOKSİT(CO_2)		En fazla %3	%0,035
OKSİJEN (O_2)		En fazla %0,02	-
AZOT (N_2)		En fazla %5	%0,829
HİDROJEN SÜLFÜR (H_2S)		En fazla 5,1 mg/m^3	-
TOPLAM KÜKÜRT (S)		En fazla 102 mg/m^3	-
ÜST ISIL DEĞER	En fazla	9335 kcal/ m^3	-
	Ortalama	9000 kcal/ m^3	37,41
	En az	8750 kcal/ m^3	-
5 ^{o}C'de 1.01325 bar basınçtaki doğalgaz ın özelliği			

• Doğal gaz zehirsizdir

Doğal gazın en önemli özelliklerinden birisi zehirsiz

olmasıdır. Doğal gazın solunması halinde zehirleyici ve öldürücü etkisi yoktur.

Ancak ortamda fazla birikmiş ise, oksijen azalacağından dolayı boğulma tehlikesi

vardır

• Doğal gazın patlama özelliği vardır

Doğal gazın hava içindeki oranı %5–15 arasında olursa patlayıcı özelliği taşır. Bu karışım sınırları arasında ateş, alev, kıvılcım vs. gibi tutuşturucu bir kaynakla temas ederse patlar

• Doğal gaz havadan hafiftir

Doğal gazın yoğunluğu 0,6-0,8 kg/m^3 arasındadır.Havanın yoğunluğu ise 1,2 kg/m^3 olduğundan doğal gaz havadan daha hafiftir

•Doğal gaz kazanlarının verimi yüksektir

• Doğal gaz kuru bir gazdır

• Doğal gazın yakılması için ön hazırlama ve depolama gerekmez

• Doğal gaz otomatik denetime uygundur

• Doğal gaz kazanları yüksek verimlidir

Doğal gazlı kazanlarda ısıl verim de yüksektir. Bir kazanın ısıl verimin yüksek olması, kazanı terk eden duman gazlarının sıcaklığının düşük olmasına bağlıdır. Ağır yakıt (fuel-oil) veya kömür yakılması halinde, kükürt oksitlere bağlı asit korozyonu nedeniyle duman sıcaklıkları fazla düşürülemez. Doğal gaz içerisinde kükürt bulunmadığından sıcaklığı 56 dereceye kadar indirilebilir

• Doğal gaz kömür ve ağır yakıta göre temiz bir yakıttır

• Doğal gazın küresel ısınmaya etkisi vardır

• Doğal gaz kokusuz bir gazdır

Doğal gaz içinde kalitesini bozan gaz ve sıvılar üretim istasyonlarında ayrıştırılır. Doğal gazdan ayrılması gerekenler; H_2S, CO_2, sülfür bileşikleri, su buharı, azot, helyum ve daha ağır hidrokarbonlardır. Çevreyi kirleten üç ana faktör vardır. Bunlar doğal gaz içerisinde bulunmaz. Bunlardan birincisi kükürt oksitlerdir. Üretime verilmeden önce doğal gaz içerisinden ayrılır. Bu madde duman gazındaki ve havadaki nemle sülfürik aside (H_2SO_4) dönüşür. İkincisi is ve uçan kül parçacıklarıdır. Bunlarda doğal gaz içerisinde bulunmaz. Üçüncüsü ise yanmamış gazlardır. Bunlardan özellikle karbon monoksit (CO) belirli dozlara ulaştığında öldürücü etki yaratır. Doğal gaz hava ile iyi karıştığında ve doğal gazın yanması esnasında bir miktar fazla hava verilmesiyle karbon monoksit oluşumu önlenmiş olur. Fosil yakıtların bünyesinde bulunan karbonun yanması sonucu ortaya çıkan karbon dioksit sera etkisine neden olmakta ve bu yüzden küresel ısınmaya katkıda bulunmaktadır. Doğal gaz fosil bir yakıt olduğundan küresel ısınmaya katkısı da olmaktadır.

$$C + O_2 = CO_2 + \text{ısı}$$

Fosil yakıtların kullanılmaya başlanıldığı 1800'lü yıllardan bugüne dek atmosfere önemli miktarda CO_2 salınmıştır. Ayrıca 20. yüzyılın başlarından itibaren bu artış giderek hızlanmıştır. Bu CO_2 artışı sera etkisine neden olmaktadır. Sera etkisi, tüm insanlığı etkilemekte olan ve zararlarının hemen hemen hiç telafisi olmayan, en ciddi çevre sorunudur. Bu sorun, güneş ışınlarını hiç emmeden geçmesini sağlayan atmosfer

içindeki atık gazlar nedeniyle ortaya çıkmaktadır. Diğer taraftan, yeryüzünden yayılan kızıl ötesi (infrared) ışınlarının büyük bir bölümü de bu gazlar tarafından emilmektedir. Bu ışınlar ısıya dönüşmekte ve bu ısının çoğu daha sonra tekrar yeryüzüne yansımaktadır

Atmosferin içerinde, gelen güneş radyasyonun %70'i yerkürede emilmekte ve büyük miktarı yerküre yüzeyinde olmak üzere ısıya dönüşmektedir. %30'u ise atmosfere tekrar yansımaktadır. Yeryüzü, genellikle karbon dioksit vb. sera gazları tarafından yayılmakta olan kızıl ötesi ışınlarıyla da ısınmaktadır. Isı dengesi gereği , yerküre yüzeyinin kendisi de kızıl ötesi ışınları yaymaktadır. Bu ışınların hemen hemen tamamı bulutlar ve sera gazları tarafından emilmektedir. Bunun ancak %13'ü emilmeden uzaya gitmektedir. Sera etkisini şöyle açıklayabiliriz.

Atmosferde yoğun miktarda CO_2 gibi atık gazlar bulunmaktadır. Genellikle bu gazlar güneş ışınını hemen hemen hiç emmezler ve bundan dolayı güneşin kısa dalga ışınlarının neredeyse tamamını geçirirler. Diğer taraftan yeryüzünden uzaya doğru yayılan kızıl ötesi ışınlarının tamamına yakın bir miktarını emerler.

Basit olarak bu olayın açıklaması ; sera gazları aynen cam seralarda olduğu gibi fazla güneş enerjisinin yansıyarak uzaya gitmesini engellemekte ve dünyamızın fazla ısınmasına sebep olmaktadır. İklimbilimciler, sera gazları emisyonları azaltılmasına yönelik herhangi bir tedbir alınmadığı taktirde, neler olacağı konusunda, yıllardır yoğun araştırmalar yapmaktadır. Eğer insan kaynaklı sera gazları emisyonları, gelecek yüzyıl da geçmişte olduğu gibi artış gösterirse, küresel ortalama sıcaklık 2100 yılına kadar 30

^{0}C civarında artacaktır. Buda tüm dünya ve insanlık için korkulan bir sonuç doğuracaktır. Küresel ısınmanın en ciddi boyuttaki etkisi, iklim ve bitki örtüsü kuşaklarının kutuplara doğru kayması olacaktır. İklim kuşakları kutuplara doğru, bitki örtüsü kuşaklarının herhangi bir şekilde kendilerini takip edemeyecekleri bir hızda kayacaktır. Bundan dolayı özellikle orta ve daha yüksek enlemlerde yer alan ormanlar, bir bozkır haline dönüşecektir. Çünkü ağaçlar, yeniden çoğalma imkanı bulamadan öleceklerdir. Küresel ısınma sonucunda sıcaklık artacaktır. Sıcaklık arttıkça yeryüzünde ki karalardan ve su yüzeylerinden buharlaşma hızlanacaktır. Buda bazı bölgelerde aşırı yağışlara, bazı bölgelerde de kuraklığa neden olacaktır

3.7.1 DOĞALGAZ'IN FARKLI YAKITLAR İLE KARŞILAŞTIRILMASI

Hava ile karışımı daha kolay olan doğal gazın yanma verimi oldukça yüksektir. Baca gazlarının ısısından yararlanma olanağı sağlanırsa verim, üst ısıl değerde %96-97 oranında gerçekleşebilmektedir. Kömür ve ağır yakıtta kül, kurum, katran şeklinde ortaya çıkan artık maddeler doğal gazın kullanıldığı yerlerde bulunmamaktadır. Kazanlarda kabuk şeklinde duvarı kaplayan ve ısı geçişini zorlaştıran birikintiler olmayacağı için, ısı geçişi önemli derecede değişikliğe uğramayacaktır. Kömürde karbon miktarı, doğal gazda hidrojen miktarı fazladır. Doğal gaz tam yandığında, hidrojenle oksijenin tepkimesi sonucunda su meydana gelir. İşte, doğalgazın yanması sırasında, ısının bir kısmı reaksiyonda oluşan suyun buharlaşması için harcanır. Doğal gazın içerisinde karbon yüzdesinin azlığı, alevin mavimtırak olmasına yol açtığından ışıma şeklindeki ısı geçişi azalır. Kömürde, ısı geçişinin büyük bir kısmı ışınım şeklinde gerçekleşir.

Çizelge 3.2 : Isıtmada Kullanılan Doğal Gazın Diğer Yakıtlarla Karşılaştırılması

%	**Kömür**	**Ağır yakıt (Fuel-Oil)**	**Doğal gaz**
Karbon oranı	77,4	84,58	73,98
Hidrojen oranı	1,4	10,9	24,57
Kükürt oranı	1	4	-
Kül oranı	8	-	-
Nem oranı	7	-	-
Isıl değeri (kJ/kg)	29636,88	39264,68	49311,08
Baca gazındaki buhar oranı	1,8	8,1	16,9
Baca gazındaki SO_2 oranı (ppm[1])	1,644	5,5	-
Baca gazı çiğ naktası (^0C)	35	49	56
Ocak yükü (kJ/m^3h)	$0,4\text{-}1,2.10^6$	$1,2\text{-}3,1.10^6$	$1,6\text{-}4.10^6$
Ocak sıcaklığı (^0C)	900	1200	1500
Teorik özgül hava miktarı (Nm^3/kg)	6,3	10,4	9,3
Gerçek özgül hava miktarı (Nm^3/kg)	10,1	13	10,3
Hava fazlalığı	1,4-2	1,2-1,3	1,05-1,1

Doğal Gazın Yanma Bilgileri;

Burada öncelikle doğal gazın fiziksel ve kimyasal özelliklerini incelemek gerekir.

Doğal gazın fiziksel özellikleri;

Doğal gazın üst ısıl değeri, alt ısıl değeri, yoğunluğu, teorik ve gerçek yanma hava ihtiyacı, duman gazı miktarları fiziksel özelliğini oluşturur.

1 Milyonda bir kısım ppm= %0,0001= 10-6

Üst ısıl değer: Bir gaz yakıtın sabit basınçta ölçülen üst ısıl değeri; gazın birim miktarının doymuş hava ile (gaz ve hava 15^{o}C'da olmak üzere) tam yakılması sonucunda, Yanma sonu gazları 15 ^{o}C sıcaklığa soğutularak, yani yanma ürünleri içinde bulunan su buharı soğutularak gaz fazından sıvı fazına geçirtilmesi sonucunda açığa çıkan toplam ısı miktarıdır.

Alt ısıl değer: Bir gaz yakıtın sabit basınçta ölçülen alt ısıl değeri; gazın birim miktarının doymuş hava ile tam yanması sonucu açığa çıkan ısı miktarıdır.Yanma ürünü içinde bulunan su buharı bu ölçümlerde gaz fazındadır. Yani, üst ısıl değerde suyun buharlaşma ısı değeri ile yanma ürünlerinden çıkan alt ısıl değer toplanarak işlem yapılır.

Yoğunluğu: Bir gazın yoğunluğu, gazın kütlesinin belirli şartlardaki hacmine oranıdır.

Teorik yanma havası: Yakıt birim miktarının (kütle veya hacim) veya içindeki yanabilir bileşenlerinin tam olarak yanabilmesi için gerekli olan hava ihtiyacına denir. Birimi Nm^3/m^3 yakıttır.

Gerçek yanma havası: Bir yakıtın birim miktarının tam ve mükemmel olarak yanmasını sağlamak amacıyla verilmesi gereken hava miktarıdır

Duman gazları: Bir yakıtın birim miktarının tam olarak yakılmasından sonra elde edilebilecek baca gazı miktarıdır

Doğal gazın kimyasal özelliği;

Doğal gaz hidrokarbon gazları karışımıdır. Doğal gaz ıslak, kuru ve acı gibi terimlerlede tanıtılır. Islak gaz etan, propan, bütan gibi metan serisi hafif gazların yanında, ağır hidrokarbonlardan bir kısmını da içerir. Kuru gaz ise, büyük oranda metan, önemsiz oranlarda etan, bütan, propan gibi gazlardan oluşur. Acı gaz, içerisinde hidrojen sülfür (H_2S) bulunduran gazdır. Genellikle doğal gaz %70 oranda metan gazı içermektedir. %95–98 metan içeren doğal gaz oldukça temiz ve kaliteli sayılır Doğal gaz normal olarak açık-zincirleme bağlı olarak parafin hidrokarbonlardan oluşmaktadır. Karışımda kapalı-hidrokarbonlar bulunabilir. Örneğin; metan, etan, propan, bütan, benzen açık-zincir bağlı parafin bileşiklerdir. Siklo-propan, siklohekzan, benzen kapalı-zincir bağlı aromatik bileşiklerdir

Doğal gaz ısıl değeri yüksek bir gazdır: Doğal gazın birim miktarı başına ısıl değeri (Yakıtın sürekli akışlı bir açık sistemde tam olarak yanması sonucu açığa çıkan ısı enerjisidir) diğer yakıtlardan yüksektir

Ocak yükü fazla, gerekli ocak hacmi küçüktür: Alev boyu ağır yakıta göre daha kısadır. Yanmasını tamamlamak için gereken zaman 0,4 - 0,6 milisaniye mertebesinde olup kısadır. Bu nedenle yanma odası küçük seçilebilir

Ocak sıcaklığı yüksektir: Gerek ocak yükünün fazla olması, gerekse alevde is ve katı tanecik ışınımının olmayışı nedeniyle ve alev ışınım kabiliyetinin az olmasından dolayı, ocak sıcaklığı yüksektir

Doğal gazlı kazanlarda ısı geçişi taşınımla olur: Yanma sonucu yanma ürünü sıcak duman gazlarına geçen yakıt ısısı, büyük ölçüde ocak dışında kalan taşınım yüzeylerinden suya geçer

Gerekli hava fazlalığı düşüktür: Doğal gaz iyi bir yakıt olduğundan, tam yanma için gerekli hava miktarı düşüktür Doğal gazın çıkarılma yerine göre özelliğine göre incelenirse;

Çizelge 3.3 : Kaynağına Göre Doğal Gazın Üst ve Alt Isıl Değerleri

Kaynağı	**Üst Isıl Değeri**		**Alt Isıl Değeri**		**Havaya oranla Yoğunluğu**
	kcal/m^3	**kJ/m^3**	**kcal/m^3**	**kJ/m^3**	**kg/m^3**
Hollanda	8400	35112	7560	31601	0,64
Kuzey Afrika	9650	40337	8685	36303	0,6
Fransa	9675	40442	8710	36408	0,57
Rusya	10300	43054	9440	39459	0,65

Çizelge 3.4 : Doğal Gaz ın Fiziksel Ve Kimyasal Özellikleri

Özellik	**Brimi**	**Değeri**
Gaz yoğunluğu	**kg/m^3**	0,71
Gaz yoğunluk aralığı	**kg/m^3**	0,6-0,8
Üst ısıl değeri	**kcal/kmol** **kcal/ m^3**	211858 9454
Alt ısıl değeri	**kcal/kmol** **kcal/ m^3**	189556 8458
Yanma hızı	**m/s**	0,36
Patlama sınırı	**% hacimce**	5,3-14
Kendiliğinden tutuşma sıcaklığı	**^{0}C**	537
Tutuşma sıcaklığı aralığı	**^{0}C**	600-750
Alev sıcaklığı	**^{0}C**	1900-2000
Kritik basıncı	**psia** **bar**	672 46,4
Kritik sıcaklığı	**^{0}C**	-82,1
Teorik özgül hava miktarı	**N m^3/N m^3**	9,3
Gerçek özgül hava miktarı	**N m^3/N m^3**	10,3
Hava fazlalık katsayısı	**-**	1,05-1,1
Baca gazı çiğleşme noktası	**^{0}C**	56
Basıncı	**mbar**	300 (sanayide) 21 (konutlarda)

3.8.1 DOĞALGAZ'IN YANMASI

Yanma kimyasal bir tepkimedir ve bu kimyasal tepkime enerjinin büyük bir bölümünü oluşturur. İnsanoğlunun çağdaş hayata geçişinden bu güne kadar geçen zamanda, yakıtlar ayrı bir önemi kazanmıştır. Yakıtların bu kadar önemli olduğu gözönünde tutulursa, kimyasal tepkimeler içerisinde yanma tepkimelerinin özel bir yeri olduğu görülür. Bundan dolayı kimyasal tepkimeler içerisinde yanma tepkimelerinin ayrı bir konu olarak incelenmesi gerekir.

Bu bölümde büyük bir öneme sahip kimyasal tepkime olan yanma ile ilgili çeşitli termodinamik değerlendirmeler yapılacaktır. Öncelikle konunun daha iyi anlaşılması için yakıtlar ve yanma üzerinde durulacaktır. Daha sonra kimyasal tepkimelere giren sistemlere termodinamiğin birinci yasası olarak bilinen kütlenin ve enerjinin korunumu ilkesi uygulanacaktır. Tepkimeye giren sistemlerin entropi değişimlerini inceleyen, termodinamiğin üçüncü yasası açıklandıktan sonra, son olarak kimyasal tepkimelerin ikinci yasayla ilgili çeşitli yönleri ele alınacaktır. Bölüm içerisinde açıklanmış yöntemler, sadece yanma tepkimeleri için değil, diğer bütün kimyasal tepkimelere uygulanabilir.

Fosil Yaktılar;

Yakıtlar, yakıldığı zaman enerji veren organik hidrokarbonlardır. Ana elementleri karbon ve hidrojendir. Literatürde "HC" (hidrokarbon) sembolü ile ifade edilir. Hidrokarbon yakıtlar $C_n H_m$ formülüyle belirtilir ve değişik fazlarda

bulunabilirler. Yani katı fazda kömür, sıvı fazda dizel ve gaz fazda doğal gaz örnek olarak verilebilir.

Gaz yakıtlar: Günümüzde kullanılan en tanınan gaz yakıt doğal gazdır. Doğal gaz; milyonlarca yıl önce hayvan ve bitki artıklarının toprak altında kalarak basınç ve ısının etkisiyle oluşan fosil bir yakıttır. Gaz fosil yaktılar katı ve sıvı fosil yakıtlara göre daha temizdir. Yakıtların genellikle temiz ve verimli olması istendiğinden en iyi yakıt türü doğal gazdır. Katı, sıvı yakıtların içerisinde istenmeyen maddeler bulunmaktadır. Bu konu birinci bölümde ayrıntıları ile incelenmiştir. Unutulmamalıdır ki iyi bir yakıt denildiği zaman ilk akla gelen içerisinde kükürt bulunmayan yakıttır. Çünkü kükürt, korozif bir madde olan kükürt okside neden olmaktadır. Bu şartları sağlayan en iyi hidrokarbon yakıt doğal gazdır. Yakıt içerisinde yakıtın türüne göre çeşitli elementler ve bileşenler vardır. Örneğin kömür içerisinde karbon, hidrojen, azot, kükürt, nem ve kül vardır. Yakıtlardaki esas yanıcı elementler karbon ve hidrojen'dir. Fosil yakıtlar da az miktarda su buharı ve kükürt bulunabilmektedir. Yanmayan elemanlar ise, azot, su ve küldür. Fosil yakıtlar çok sayıdaki hidrokarbon karışımı olduklarından yanma eşitliklerinde yaklaşık bağıntıları kullanılmaktadır. Örneğin metan birçok hidrokarbon gazından oluşur ama tek bir gaz olarak gözönüne alınır. Doğal gazın yapısında metan, etan, propan gibi gazlar bulunmasına rağmen eşitliklerde hesap kolaylığı olsun diye metan olarak gözönüne alınır.

Fosil Yakıtlarda Yanma Süreci

Karbon, hidrojen ve kükürtten oluşan yakıtlar oksijen ile yanar. Yanmanın bir çok tanımı yapılmaktadır. Bunlardan birincisi; yanma, yakıtın oksijenle birleşerek büyük miktarda enerjinin açığa çıktığı ekzometrik kimyasal tepkimedir; yanma, yakıt içerisindeki yanabilir elemanların havadaki oksijen ile hızlı kimyasal birleşmeleri şeklinde tarif edilebilir. Bu tanımlar doğrultusunda yanma için aşağıdaki ifade yazılabilir

yakıt + hava → duman + ısı

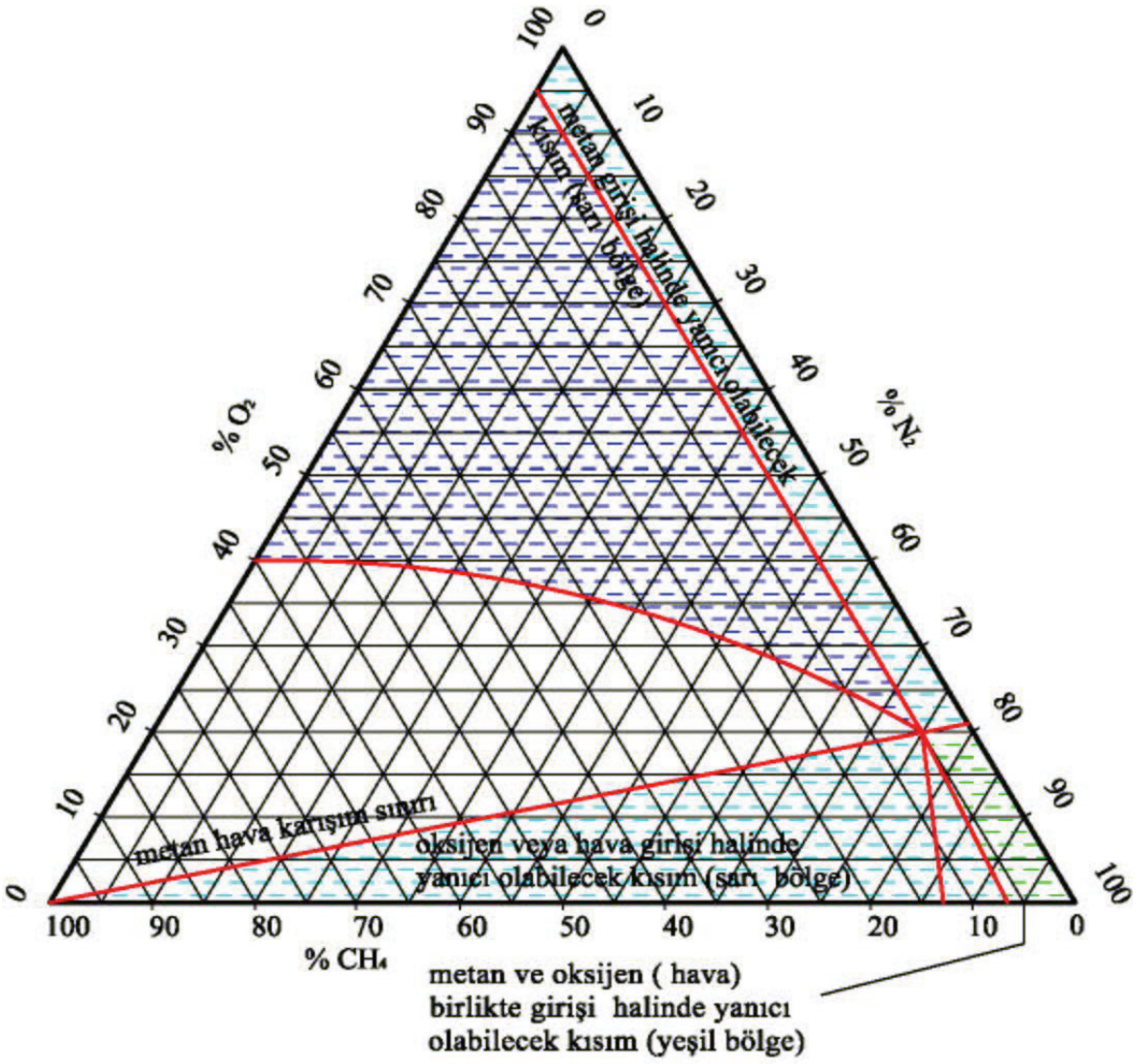
Yanma olayının dengesi ve sürekliliği üç temel unsur üzerinde kurulmuştur. Bahsedilen bu unsurlar doğal gaz için aşağıda açıklanmıştır.

Çalkantı: Yakıt ve hava kütlelerinin birbiri ile temasını sağlayan en önemli yanma unsurudur. Yakıt ve hava birbiriyle temas etmediği sürece yanma olayı asla gerçekleşmez. Gazlar yapıları gereği olarak her oranda birbiri ile kolayca karışmaya yatkındırlar. Doğal gaz molekülleri havadan %60 daha hafif ve %130 daha hızlıdırlar. Bu nedenle hava içine kolayca sızarak dağılırlar.

Doğal gaz ve hava moleküllerinin bir araya getirilmesi yanma için gereklidir. Ancak, belirli oranlar dışında kalan zengin ve fakir karışımlar yanma olayının başlaması için yeterli olmamaktadır. Bu iki cins molekülden birinin yetersizliği halinde seyreltik hal şartları geçerli olmakta ve yanma başlayamamaktadır

Deneylere göre doğal gazın hava içindeki alt yanma karışımı %4,5, üst yanma karışımı ise %13,5'dir. Bu sınırlar dışında doğal gaz-hava karışımı yanıcı değildir. Yanma şiddetinin en yüksek olduğu tam yanma karışımı %9,5 doğal gaz ve %90,5 hava içeren karışımdır. Tam yanma karışımı, 1 m^3 doğal gaz ve 9,5 m^3 havakarışımından oluşmaktadır

Şekil 3.9 : Doğal Gaz- Hava Yanıcı Karışımı İçin Yanma Üçgeni



Alt yanma karışımı ve üst yanma karışımı arasında kalan bölge yanma aralığını oluşturur. Sıcaklık, basınç ve hacim azalması yanma aralığını daraltır. Yanıcı karışımın akış hızının artması ve CO_2 , N_2 gibi atıl gazların bulunması yanma aralığını yine daraltıcıdır. Az miktardaki su buharı karışımı yanmaya teşvik edici olurken, yüksek nem oranları caydırıcı etki göstermektedir

Sıcaklık: Yanmanın diğer bir önemli unsurudur. Yakıt ve hava molekülleri bir araya geldikten sonra bu karışımı tahrik edecek bir dış etki gereklidir. Yani hava molekülleri ile yakıt molekülleri arasında ilginin şiddetlenmesi gerekir. Buna tutuşma denir. Tutuşma genellikle bir dış kaynak tarafından gerçekleşir. Bu kaynak sürtünme, sıkışma ve çarpmalarda oluşan ısı veya kıvılcım ile bir başka alev olabilir Yanma işlemi esnasında açığa çıkan enerji, genellikle sıcak gazlar şeklinde olmasına rağmen, çok küçük miktarda elektromanyetik (ışık), elektrik, mekanik (ses) enerjileri şeklinde çıkabilir.

Basit olarak şöyle açıklanabilir. Bir yakıtın hava ile yakın temasa getirilmesinin yanmanın başlaması için yeterli olmayabilir. Yanmanın başlayabilmesi için yakıtın tutuşma sıcaklığına getirilmesi gerekir Standart sıcaklık ve basınçta bulunan hava yakacak karışımının yüzdesi, ancak belirli sınırlar içinde olduğunda, yakacak kendi kendine tutuşarak yanma reaksiyonu gerçekleşir. Bu sınırlar alt ve üst tutuşma sınırlarıdır. Sıcaklık ve basınç, her ikisi de bu sınırlara etki eder. Karışımın sıcaklığı artıkça, üst tutuşma sınırı büyürken, alt tutuşma sıcaklığı küçülür. Karışım basıncının, atmosfer basıncının altına inmesi durumunda üst tutuşma sınırı azalır ve alt tutuşma

sınırı artar. Bununla beraber, karışım basıncının atmosfer basıncının üzerine çıkması durumunda üst tutuşma sınırı artarak alt tutuşma sınır göreceli olarak sabit kalır.

Doğal gazın tutuşma sıcaklığı; bileşimine, doğal gaz-hava karışım oranına ve fiziksel şartlara bağlı olarak değişmektedir. Bu değer tam yanma karışımı için yaklaşık olarak 650 ^{o}C'dir. Zengin gaz karışımlarının tutuşma sıcaklığı daha yüksektir

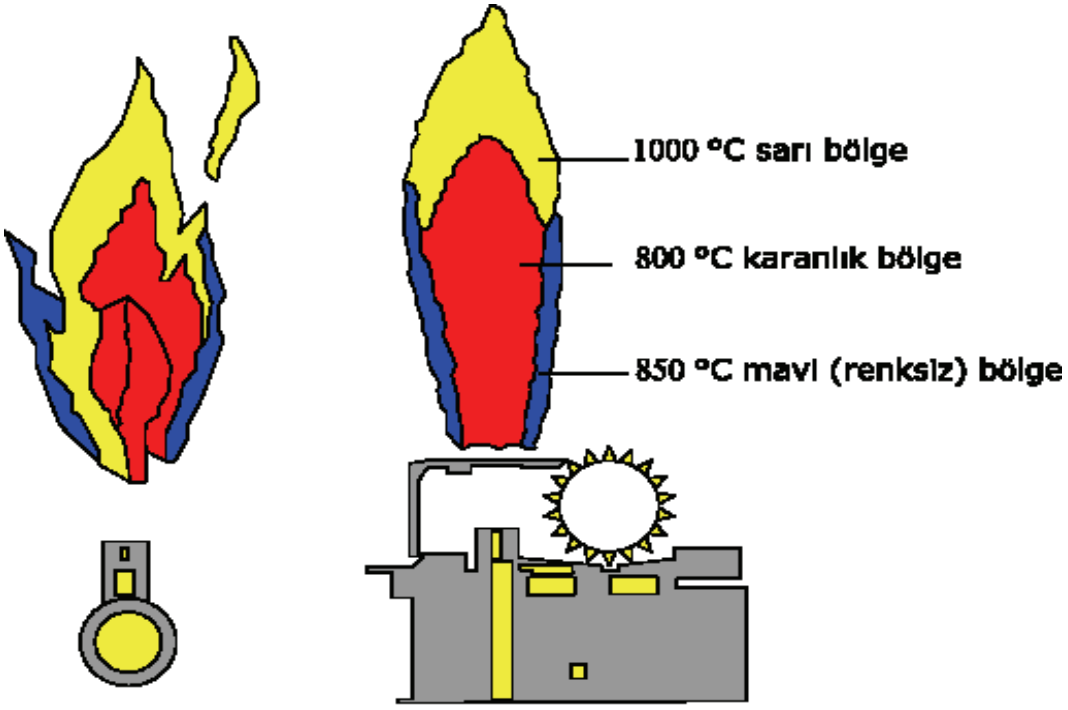
Zaman: Yanma işleminin oluşabilmesi için gerekli olan üçüncü unsurdur. Çekirdek moleküllerinin çevresinde, tutuşma ile birlikte aniden enerji açığa çıkar ve çekirdek görevini üstlenerek, yanmayı zincirleme tepkimeler halinde komşu moleküllere yayarlar. Dış uyarı, zincirdeki ilk baklanın oluşması için gereklidir. Ancak, daha sonraki baklalar moleküller arası etkileşimin ürünleri olarak kendiliğinden gelişeceği için dış uyarıya sürekli olarak ihtiyaç duyulmayacaktır. Yanma zaman ihtiyacı, yakıt cinsine, karışımın oranına, karışımın akış hızına ve ortamın sıcaklığına göre değişir.

3.8.2 KOMBİ CİHAZLARINDA DOĞALGAZ'IN YANMASI

Tutuşma işlemi plazma ve hidroksilasyon tepkimeleri ile başlar; n<1 hali; çevre eksik hava şartlarında ise hidroksilleşme tepkimelerinden açığa çıkan enerji çoğunlukla metan molekülleri tarafından yutulacak, böylece C-H bağlarının koparılmasında harcanacaktır. Oluşan hidrojen molekülleri çok hızlı hareket edebildiği için tutuşma noktasının yakınındaki oksijen moleküllerini yakalayacak ve yanmasını tamamlayacaktır. Eksik hava zengin gaz karışımlarının yanmasında alevin yayılışı

duman yayılımı ile birlikte gelişir. Alevin boyu oksijen arayışı nedeniyle uzundur. Gaz ve duman akışı sakin şartlarda sağlanmışsa alevin şekli düzgündür. Alev oksijen eksikliği nedeniyle isli ve çatallı yanar. Gaz kesilmesi halinde çevreye is kokusu yayılır

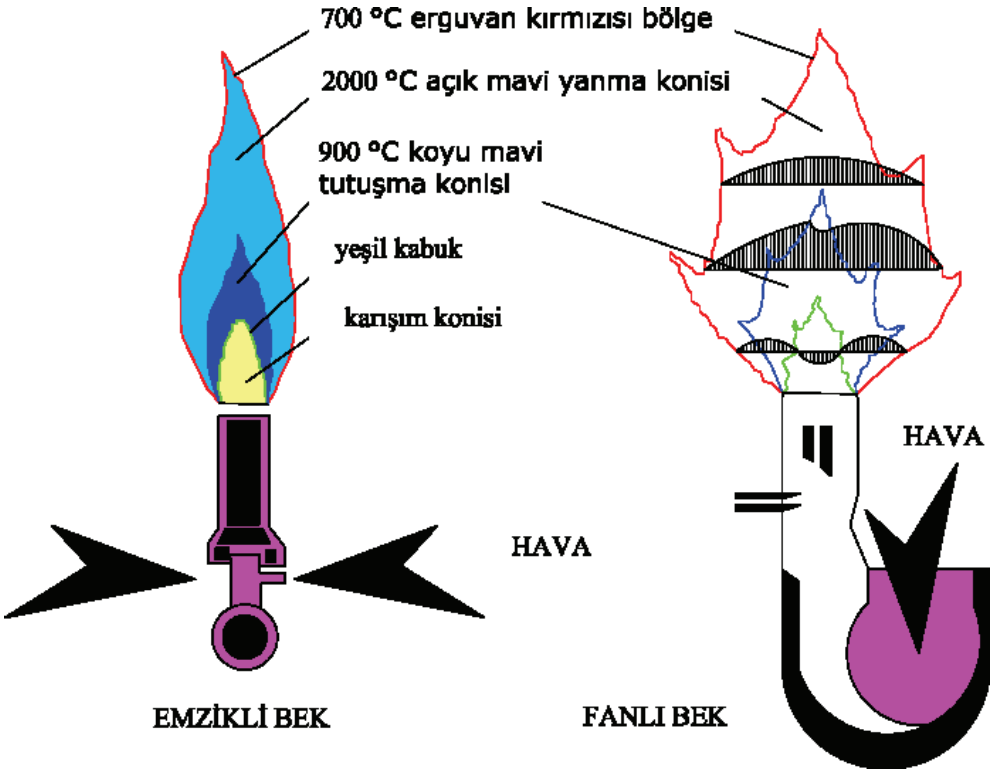
Şekil 3.10 : Eksik Hava Şartlarındaki Alev Kesiti



n>1 hali, karışım hava bakımından uygun veya fazla hava ile beslenmiş ise, bir başka deyişle tutuşma noktasındaki karışım alt yanma karışım bileşimine yakın ise tutuşma tepkimelerinden açığa çıkan enerji hava ve doğal gaz moleküllerini birlikte ısıtacaktır. Böylece, hidroksilleşme tepkimelerinin diğer CH moleküllerine yayılması sağlanacaktır. Hidroksilasyon tepkimelerinin karışımın tamamında bitmesinden sonra ortamdaki aldehit molekülleri oksijen fazlası tepkimeye girecektir. Alev kesitindeki farklı renk bölgeleri farklı enerji seviyelerinde gerçekleşen tepkimelerin kanıtıdır. Bek

çıkışındaki koyu alan doğa gaz-hava karışımının tutuşma hızına ulaşmak için genleştiği alandır. Bu alanın dışı yeşilimsi mavi renkte bir zar ile kaplanmıştır. Bu zar hidroksilleşme tepkimelerinin başladığı tutuşma yüzeyidir. Bu ara yüzeyin dışında kalan koyu mavi renkli alan hidroksilleşme tepkimelerinin tamamlandığı soğuk ve indirgen (900 ^{o}C) bölgedir. Bu bölgenin dışındaki açık mavi renkli alan aldehitlerin H_2O ve CO_x şeklinde yandığı en sıcak (2000 ^{o}C) ve nötr özellikli yanma bölgesidir. Alevin dışındaki erguvan kırmızısı renkteki kabuk, hava fazlasının alev içi yan tepkimeleri bastırdığı cilalama bölgesidir. Bu bölge 1700 ^{o}C da ve yükseltgen özelliktedir.

Şekil 3.11 :Fazla Hava Şartlarında Alev Kesiti



Bu tip yanmalarda alev sıcak, düzgün ve kısadır. Hava fazlalığı arttıkça alev sıcaklığı düşer, alev boyu kısalır.

3.8.3 YANMA ÇEŞİTLERİ

Bir yakıtın yanabilen bütün bileşenlerinin yakılması ile ilgili süreci tanımlanmıştır. Pratik uygulamada;

• Tam yanma

• Tam olmayan yanma

şeklinde iki tip yanma vardır. Tam yanmada artıkların ısıl değeri sıfırdır. Tam olmayan yanmada ise kül, baca ve egzoz gazlarında yakıt bulunmaktadır Tepkimeye giren moleküllerin oksijenle tam olarak oksitlenip oksitlenmediği bu iki tanımla belli olmamaktadır. Bundan dolayı yanma dört bölüm altında incelenebilir.

Teorik tam yanma (TTY): Yanma sürecinde yakıt içerisinde bulunan yanabilir bileşenlerin tümü tam olarak oksitlenir ve karbonun tümü CO_2' ye, hidrojenin tümü H_2O'ya ve varsa kükürt'ün tamamı SO_2 ye dönüşürse ve stokiometrik(Bir yakıtın tam olarak yanabilmesi için gerekli en az hava miktarıdır) miktarda hava kullanılırsa bu yanma şekline teorik tam yanma denir

Gerçek yanma (GY): Yanma ürünleri arasında O_2, CO_2, H_2O, SO_2, N_2 bulunduğu ve stokiometrik miktardan daha fazla hava verildiği yanma işlemidir. Gerçek yanma işlemlerinde yanmanın tama yakın olmasını sağlamak ve çıkış sıcaklığını belirli bir düzeyde tutabilmek için, genellikle stokiometrik miktardan daha fazla hava verilir. Bu fazla hava miktarına fazla hava adı verilir

Eksik yanma (EY): Oksitlenmenin tam olmayışından dolayı, yakıt ile havanın tam olarak karışmaması ve birde teorik hava miktarından daha az hava kullanılmasından

ötürü tam yanma olmaz. Yanma sonu ürünleri arasında yanmamış yakıt veya C, H_2, CO ve OH gibi bileşenler bulunur.

Buna eksik yanma adı verilir. Eksik yanma, enerji kaybına ve hava kirliliğine sebep olacağından, yanma işlemlerinde genellikle stokiometrik miktardan daha fazla hava verilir

Kısmi eksik yanma (KEY): Yanma odasındaki karışım, sıcaklık ve kalış süresindeki yetersizlikler sonucu ve ayrıca stokiometrik miktardan bile fazla hava verilmesine rağmen eksik yanma olabilir. Buna kısmi eksik yanma denir. Bu sadece yakıt-hava oranının dengesizliğinin bir sonucu değildir. Yüksek sıcaklıklarda önem kazanan ayrışmadan da eksik yanma olabilir.

Yüksek sıcaklıklarda CO_2, H_2O molekülleri ısıl ayrışma ile CO, H_2 gibi eksik yanma ürünleri doğururlar. Hidrojen atomlarının oksijen atomlarını çekim kuvveti, karbon atomlarına oranla daha büyüktür. Bu nedenle yakıt içerisindeki hidrojen, ortamda tam yanma için gerekli oksijenden daha az oksijen bulunsa bile, tümüyle H_2O'ya dönüşür. Buna karşılık karbonun bir bölümü yanma sonu ürünleri arasınca CO veya C parçacıkları olarak görülebilir. Gerçek yanma işlemlerinde fazla hava verilmesine rağmen yanma tam olarak gerçekleşmez.

3.8.3.1 YANMA HAVASININ ÖZELLİKLERİ

Yanma işlemlerinin çoğunda hava kullanılır. Kuru havanın hacimsel analizinde %20,99 oksijen, %78,03 nitrojen (azot), %0,94 argon, %0,03 karbondioksit, %0,01 hidrojen ve daha az miktarda neon, helyum, kripton izlerinden oluştuğu anlaşılmaktadır.

Çizelge 3.5 : Kuru Havanın Analiz Sonuçları

Gaz	**Hacimsel %**	**Moleküler Kütle (kg)**	**Kütle Yüzdesi %**
Oksijen	20,99	32	23,19
Azot	78,03	28,016	75,47
Argon	0,94	39,944	1,3
Karbondioksit	0,03	44,003	0,04
Hidrojen	0,01	2,016	0
Kuru Hava	100		100

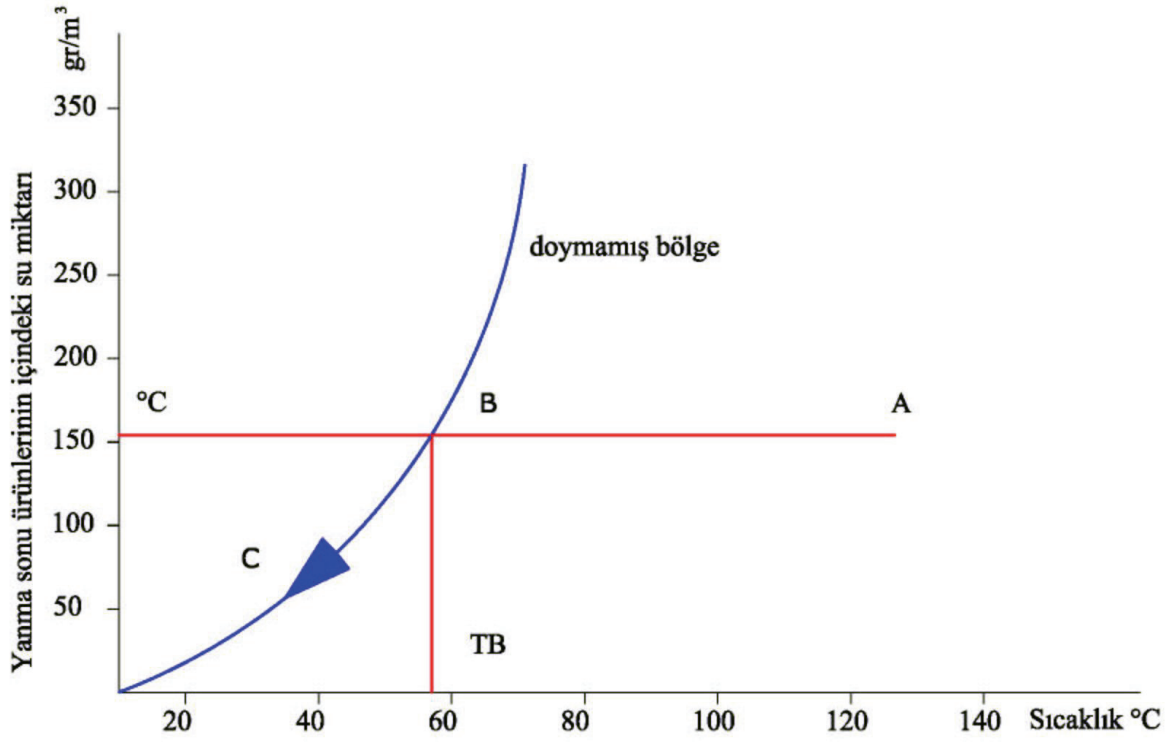
Yanma işlemleri çözümlenirken argon azotla birlikte düşünülür ve diğer gazlarda ihmal edilir. Bu durumda kuru havayı oluşturan karışımların mol oranları yaklaşık %21 oksijen ve %79 azot olarak kabul edilir. Bu durumda, her mol oksijenin yanında ne kadar azot girdiği küçük bir hesapla bulunabilir.

0,79/0,21 = 3,76 mol azot

1 kmol O2+ 3,76 kmol N2 = 4,76 kmol hava

Reaksiyona giren her mol oksijen için 4,76 mol hava yanma işlemine katılır. Yanma işlemlerinde azot eylemsiz bir gazdır. Ancak yanma sıcaklıkları 1300 ^{o}C'nin altında olma koşuluyla bu işlem geçerlidir. Bu sıcaklığın altında azot, diğer kimyasal elementlerle tepkimeye girmez. Fakat azotun varlığı, yanma sonu halini önemli ölçüde etkiler. Çünkü büyük miktarda azot, yanma işlemine düşük bir sıcaklıkta girer ve yüksek sıcaklıkta tepkimeden çıkar. Yanma işleminde açığa çıkan enerjinin büyük bir bölümü azotun sıcaklığını yükseltmek için kullanılır. Eğer bu sıcaklığın üstüne çıkılırsa, azot oksijenle birleşerek azot oksitleri oluşturduğu unutulmamalıdır. Bu azot oksitler (NO_x) çevre kirliliğine neden olduğundan bir yanma olayında meydana gelmesi istenmez Yanma odasına giren havada, gözönüne alınması gereken bir miktar su buharı da vardır. Yanma işlemlerinin bir çoğunda havadaki su buharı da azot gibi eylemsiz bir gaz kabul edilebilir. Fakat çok yüksek sıcaklıklarda su buharının bir bölümü H_2, O_2 'ye ayrıca H, O, OH ayrışır. Yanma sonu gazları, su buharını çiğ nokta sıcaklığından daha düşük bir sıcaklığa soğutulduğu zaman bir miktar su buharı yoğuşur. Yoğuşan bu su buharı kükürt dioksitle birleşerek paslanmaya ve çevre kirliliğine neden olan sülfürik asidi oluşturur.

Şekil 3.12 : Çiğ Noktası Sıcaklığı Eğrisi



Çiğ noktası eğrisinden de görüldüğü gibi su buharına ait doyma eğrisi yoğuşmanın meydana geldiği çiğ noktası sıcaklığını belirler. Soğuma AB yatay doğrusu boyunca olur. B doyma noktasına (çiğ noktası) geldiğinde gaz içindeki su buharı yoğuşmaya başlar. Soğutmaya devam edilirse işlem BC doyma eğrisi boyunca devam eder. Soğuma ilerledikçe gizli ısı daha fazla serbest olur. Doğal gazın yanmasında da olay aynı şekilde olur. Suyun gizli ısısı, doğal gazın alt ısıl değerinin %11'i kadardır. Yani doğal gazın yanması halinde 100 kWh temin ediliyorsa 11 kWh kadar da gizli ısı elde edilir. Doğal gazın yanmasında hava fazlalık katsayısı 1,2 olması durumunda çiğ noktası sıcaklığı 56 ^{o} C'dir.

Yakıt- hava ile ilgili tanımlar

Yanma işlemlerini çözümlerken yakıt-hava miktarı ile ilgili bazı tanımlar kullanılır. Yanma denklemleri çözümlenirken bu tamımlar karşımıza çıkacağından dolayı ve konunun daha iyi anlaşılması için bu tanımlar bir başlık altında sunulmuştur.

Teorik (stokiometrik) hava: Bir yakıtın tam olarak yanması için gerekli olan en az hava miktarına stokiometrik veya teorik hava denir. Buradan da anlaşılacağı gibi bir yakıt teorik hava miktarı ile yakılırsa yanma ürünleri arasında serbest oksijen bulunmaz. Bir yakıt teorik hava miktarından daha az hava ile yakılırsa yanma tam olmaz ve yanma ürünleri arasında istenmeyen ürünler ortaya çıkar Yakıtın teorik havayla tam olarak yandığı ideal bir yanma işlemi, stokiometrik veya teorik yanması diye bilinir. Teorik yanma ile ilgili bir örnek CH_4 (metan) için aşağıda verilmiştir.

$$CH_4 + 2(O_2 + 3{,}76\, N_2) = CO_2 + 2H_2O + 7{,}52\, N_2$$

Yukarıdaki denklemde görüldüğü gibi, metanın stokiometrik miktarda hava ile yakılması sonucunda, yanma ürünleri arasında CO, C, H_2 , OH serbest oksijen ve yanmamış yakıt yoktur.

Çizelge 3.6 : Stokiometrik Miktarda Bazı Temel Yanma Reaksiyonları

Yakıt veya Bileşen	Mol ağırlığı	Tepkime	Tepkime ısısı	
			kJ/kg	kJ/Nm^3
Karbon	12	$C + O_2 \Rightarrow CO_2$	32796	-
Hidrojen	2	$2H + \frac{1}{2}O_2 \Rightarrow H_2O$	141886	12109
Kükürt	32	$S + O_2 \Rightarrow SO_2$	9300	-
Azot	14	$N + \frac{1}{2}O_2 \Rightarrow NO$	7650	-
Metan	16	$CH_4 + 2O_2 \Rightarrow CO_2 + 2H_2O$	55590	37743
Etan	30	$C_2H_6 + \frac{7}{2}O_2 \Rightarrow 2CO_2 + 3H_2O$	51870	66788
Propan	44	$C_3H_8 + 5O_2 \Rightarrow 3CO_2 + 4H_2O$	50000	96500
Bütan	53	$C_4H_{10} + \frac{13}{2}O_2 \Rightarrow 4CO_2 + 5H_2O$	49540	125562

Yüzde hava miktarı: Gerçek yanma işlemlerinde yanmanın tama yakın veya çıkış sıcaklığını belirli bir düzeyde tutabilmek için genellikle stokiometrik miktardan daha fazla hava verilir. Stokiometrik miktarın üzerinde olan hava miktarına hava fazlalığı denir. Hava fazlalığı genellikle stokiometrik hava esas alınarak fazla hava yüzdesi veya teorik hava yüzdesi olarak ifade edilir.

Gerçek hava miktarı teorik hava miktarının 1,5 katı ise “%150 teorik hava” şeklinde gerçek hava miktarı belirtilir. Başka bir deyişle “%50 hava fazlalığı ” diye nitelendirilir. Teorik hava yüzdesi aşağıdaki denklem ile tanımlanır

$$\text{teorik hava yüzdesi} = \frac{M_{\text{hava gerçek}}}{M_{\text{hava teorik}}}$$

Stokiometrik miktardan daha az hava, eksik hava diye nitelenir ve eksik hava yüzdesi olarak ifade edilir. Örnek olarak, %80 teorik hava ile yakılan bir yakıt, %20 eksik hava ile yakılmış anlamındadır. Teorik hava miktarından daha fazla hava içeren yakıt-hava karışımlarına zengin karışım, daha az hava içeren yakıt-hava karışımlarına fakir karışım denir.

Hava-yakıt oranı: Bir yanma işleminde hava kütlesinin yakıt kütlesine oranıdır. Genellikle kütlesel olarak ifade edilir. Burada “n” hava veya yakıtın mol miktarıdır ve birimi kmol’dür. “m” ise hava ve yakıtın mol kütlesidir. Hava-yakıt oranını “HY” simgesi ile göstereceğiz.

Hava fazlalık katsayısı: Hava fazlalık katsayısı, gerçek hava-yakıt oranının, stokiometrik hava-yakıt oranına bölünmesine verilen isimdir. Literatürde hava fazlalık katsayısı, HFK ile isimlendirilir ve λ veya n ile gösterilir. Boyutsuz bir birimdir

$$\text{HFK} = \frac{HY_{gerçek}}{HY_{stokiometrik}}$$

Buradan da anlaşılacağı gibi eğer $\lambda=1$ ise stokiometrik durumda, $\lambda>1$ ise fazla hava ile, $\lambda<1$ ise eksik hava ile yanma gerçekleşmektedir. Hava-yakıt oranının iyi belirlenmesi gerekir. Zira ocaktaki yanma sıcaklığı ne kadar büyük olursa, yakıtın içindeki yanmayan kısımların veya az yanan kısımların süratle yanmasını sağlar.

Ayrıca yanma sıcaklığı düşük olunca kazan gücünü de düşürür. Kazan içerisindeki su, yanma sonucu ısıyı alamamaktan hem istenen buhara ulaşamaz, hem de iyi bir yanma olmamasından dolayı yanmadan çıkan gazlar dolayısıyla, yanmadan kaynaklanan yakıt tüketimi ve çevre kirliliğine neden olur.

4.1.1 YOĞUŞMA OLAYININ ANALİZİ

Bir kazanın ocağında yakıtın oksijenle birleşmesi sonucu açığa çıkan ısı enerjisi sadece yanma sonucu ortaya çıkan son ürünlere bağlıdır. Yanma reaksiyonu sırasında oluşan ve sonuçta son ürünlere dönüşen ara ürünlerde , yanma ısısının miktan açısından önemlidir. Bu kanun basitçe karbon ile oksijen arasındaki reksiyonlarla gösterilebilir.

$$\mathbf{C + O_2 \Rightarrow CO_2 + 393{,}56\ kJ/kmol}$$

$$\mathbf{C + \frac{1}{2}O_2 \Rightarrow CO + 110{,}53\ kJ/kmol}$$

$$\mathbf{CO + \frac{1}{2}O_2 \Rightarrow CO_2 + 283{,}03\ kJ/kmol}$$

(Buhar Kazanlarının Isı Hesapları O.F. Genceli , K. Onat , A. Arısoy s.29)

Eğer reaksiyon $C + O_2 \Rightarrow CO_2 + 393{,}56$ kJ/kmol bağıntısında olduğu gibi tek adımda meydana geliyorsa ortaya çıkan ısı 393,560 kJ/kmol olup , bu değer reaksiyonun iki adımda olması, yani önce karbon ve yarım kmol oksijenin karbonmonoksit oluşturması, sonra bu karbonmonoksitin tekrar yarım kmol oksijen ile reaksiyona girip CO_2 meydana getirmesi halindeki açığa çıkan toplam ısı enerjisine eşittir.

Bu örnekte görüldüğü gibi çok önemli bir husus da karbonun oksijenle iki biçimde reaksiyona girme olasılığının bulunmasıdır. Yakma elemanının tasarımı ve yakma yöntemi , yakıt-oksijen kanşımındaki karbonun yanmasında son ürünün tamamen CO_2 olmasının gerçekleştirilmesini sağlamalıdır.

Aksi takdirde yanma verimlerinde ve açığa çıkan ısıda önemli kayıplar meydana gelir. Görüldüğü gibi son ürünün CO_2 yerine CO olması halinde yaklaşık % 28 oranında daha az ısı üretilmektedir.

Çizelge 4.1 : Yakıtın Saf Oksijen İle Yakılmasında Reaksiyon Isıları

Yakıt	Mol kütlesi	Reaksiyon	Reaksiyon ısı kJ/kg	Reaksiyon ısı kJ/N m^3
Karbon	**12**	$C+O_2 \Rightarrow CO_2$	**32,796**	**-**
Hidrojen	**2**	$H_{2+}+0{,}5O_2 \Rightarrow H_2O$	**141,886**	**12,109**
Kükürt	**32**	$S+ O_2 \Rightarrow SO_2$	**9,3**	**-**
Metan	**16**	$CH_4 +2O_2 \Rightarrow CO_2 +2H_2O$	**55,59**	**37,743**
Etan	**30**	$C_2H_6+3{,}5O_2 \Rightarrow 2CO_2 +3H_2O$	**51,87**	**66,768**
Propan	**44**	$C_3H_8+5O_2 \Rightarrow 3CO_2 +4H_2O$	**50**	**96,5**
Bütan	**58**	$C_4H_{10}+6{,}5O_2 \Rightarrow 4CO_2 +5H_2O$	**49,54**	**125,562**
Korbonmonoksit	**28**	$CO +0{,}5O_2 \Rightarrow CO_2$	**10,108**	**11,99**

4.1.1.1 YAKITIN ISIL DEĞERİNİN ÖLÇÜLMESİ

Yakıt ısıl değeri veya yanma ısısı 1 kg veya (1 Nm^3) yakıtın tam yanması sonucunda , yanma ürünleri çevre sıcaklığına getirildiğinde üretilen ısı enerjisi olarak ifade edilir. Yakıtın ısıl değeri yakıt cinsine bağlıdır ve yakıtın tam yakılması şartı ile yanma şekline göre değişmez. Yakıt ısıl değeri genellikle kalorimetrede yanma sırasında ortaya çıkan ısının doğrudan ölçülmesi ile belirlenir.

Katı ve sıvı yakıtlar için çoğunlukla bomba kalorimetresi kullanılır ve yanma sabit hacimde meydana gelir. Gaz yakıt kalorimetreleri ise daha ziyade sürekli akış biçimindedir ve yanma sabit basınçta olur. Pratikte yoğuşma teknolojisine sahip kazanlardaki yanma sabit atmosfer basınçta meydana gelir.

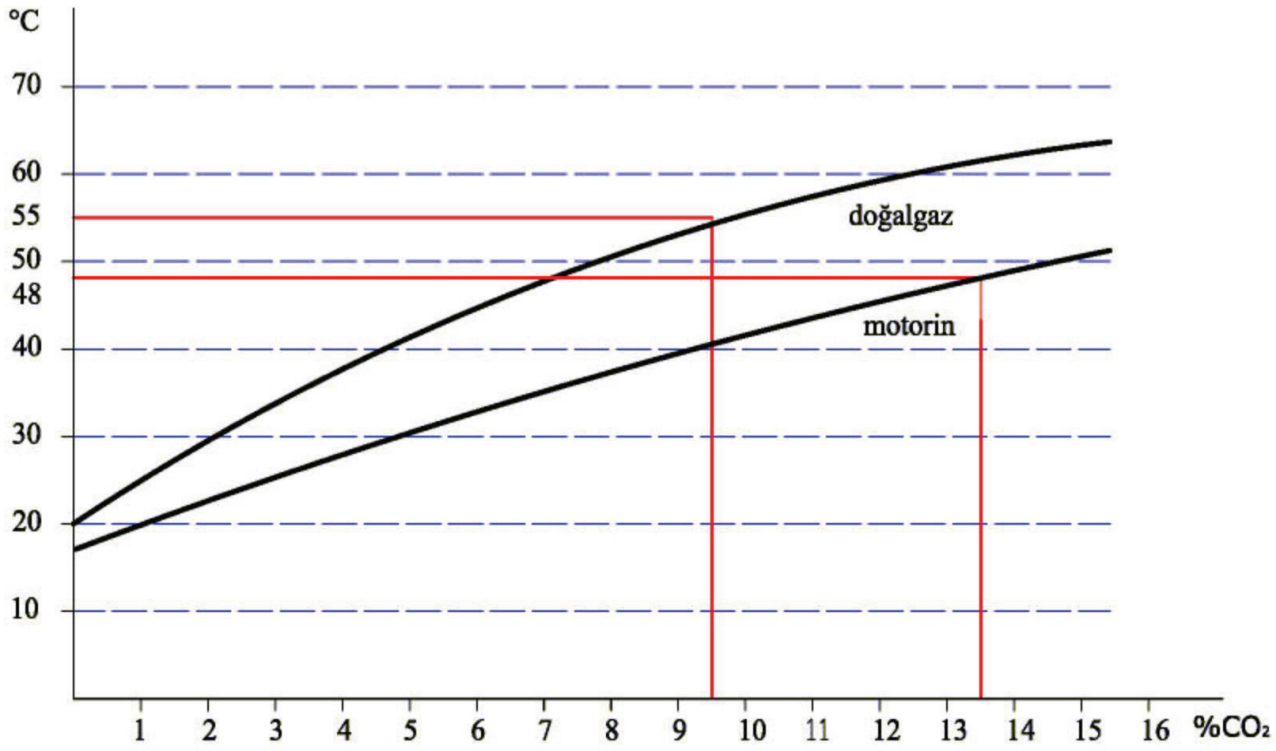
4.1.1.2 YOĞUŞMA TEKNOLOJİSİNİN TEMELİ ALT VE ÜST ISIL DEĞERLER

Hidrojen ve nem içeren bütün yakıtlarda yanma ürünleri içerisinde su buharı bulunur. Yakıtın ısıl değeri, yanma reaksiyonu sonunda oluşan yanma sonu ürünleri içindeki su buharının buhar fazında mı, yoksa yoğuşmuş olarak sıvı fazında mı bulunduğuna bağlı olarak değişir. Kalorimetre deneylerinde yanma ürünleri başlangıç sıcaklığına kadar soğutulduğundan bütün su buharı yoğuşmuş haldedir. Bu durumda suyun gizli buharlaşma ısısını da içeren yakıtın üst ısıl değeri ölçülmüş olur. Halbuki bütün yanma ürünleri gaz fazında ise yani duman gazı içerisindeki su, buhar fazında ise burada yakıtın alt ısıl değeri söz konusudur ve bu değer üst ısıl değerden mevcut su buharının gizli buharlaşma ısısı kadar düşük olacaktır. Yanma ürünlerinin tamamının gaz fazında olması halinde tanımlanan bu ısıl değer ile üst ısıl değer arasında aşağıdaki bağıntı geçerlidir

$$H_o - H_u = 2440 \ . \ W_r$$

Burada Hu (kJ/ kg) alt ısıl değer, Ho (kJ / kg) üst ısıl değer ve W_r (kg / kg) ise 1 kg yakıttaki su miktarıdır. 2440 kJ / kg değeri ise suyun 25°C sıcaklıktaki gizli buharlaşma ısısıdır.

Şekil 4.1 : CO_2 oranına göre su buhan çığ noktası sıcaklıkları (ISISAN NO:625)



Yakıtların yanması sonucu ortaya çıkan baca gazmdaki su buharının yoğuşma sıcaklığı yanma sonucu ortaya çıkan baca gazlanndaki CO_2 miktarı ile orantılıdır. Yanma sonucu ortaya çıkan CO_2 oranı ile baca gazındaki su buhan çiğ nokta sıcaklığı Grafik 27'de gösterilmiştir. Grafik 27'de görülebileceği gibi yakıt olarak motorin kullanımında baca gazındaki su buharının çiğ noktası sıcaklıkları gaz yakıtlara göre daha düşük kalmaktadır. Bu da yoğuşma işini zorlaştırmaktadır, yoğuşma sulu kazanlarda sıvı yakıtların tercih edilmemesinin bir nedeni budur.

4.1.1.3 ÜST ISIL DEĞER TEKNİĞİ VE TÜKETİM AVANTAJLARI;

Üst ısıl değer tekniğinin geliştirilmesi ile ısıtma endüstrisi yakıttan maksimum faydalanma yönünde önemli bir adım atılmıştır. Üst ısıl değer tekniği, gaz sarfiyatının önemli derecede azaltılması bakımından, örneğin apartman dairelerinde, müstakil evlerde, ticari binalarda ve sınai, endüstriyel ve resmi yapılarda, özel imkanlar sunmaktadır."Konvansiyonel kombilerde" da baca gazlan ile bacadan atılan oldukça yüksek orandaki ısıdan üst ısıl değer tekniği sayesinde faydalanılmaktadır. Daha az zararlı madde emisyonları ve özellikle ekonomik ısıtma işletmesi bu teknoloji ile mümkün olmuştur.

Kömür, petrol ve doğalgaz gibi yenilenemeyen enerji kaynaklarının rasyonel ve akılcı kullanımı için yeni çözümlerin aranması, son senelerde endüstri ve bilim alanlanında yeni teknolojilerin geliştirilmesini gerektirmiştir. Ekonomiklik boyutunun yanında çevre koruma son senelerde önemli ölçüde ön plana çıkmıştır. Genelde geçerli olan durum kullanılan enerjiden daha etkin faydalanılma sayesinde elde edilen daha düşük enerji sarfiyatı ile aynı zamanda daha düşük zararlı madde emisyonları sağlanmasıdır.

Baca Gazlarından Sağlanan Isı

Düşük sıcaklık kazanlarının kullanıma girmesi bu yönde atılmış önemli bir adımdır. Isı ihtiyacı ile uyumlu ısıtma işletmesi sayesinde kayıpların azaltılması ve norm kullanma ısıl verirrıinin % 94'e yükseltilmesi sağlanabilmiştir. Üst ısıl değer tekniğinde, bacaya baca gazlan ile taşınan duyulur ısı oldukça azaltılrnaktadır. Ayrıca su buharının yoğuşması sayesinde gizli ısısındanda faydalanılmaktadır.

Yanmada karşılaşılan durumlar

Yakıtın yanabilen bileşenleri, karbon (C) ve hidrojen (H), yanmada havanın oksijeni ile birleşmektedir. Burada ısı üretilmesi yanında aynı zamanda karbondioksit (CO_2) ve su buharı (H_2O) oluşmaktadır. Doğalgazda % 80'den daha yüksek oranda bulunan metanın (CH_4) yanma denklemi örneğinde bu durum açıkça gösterilebilir.

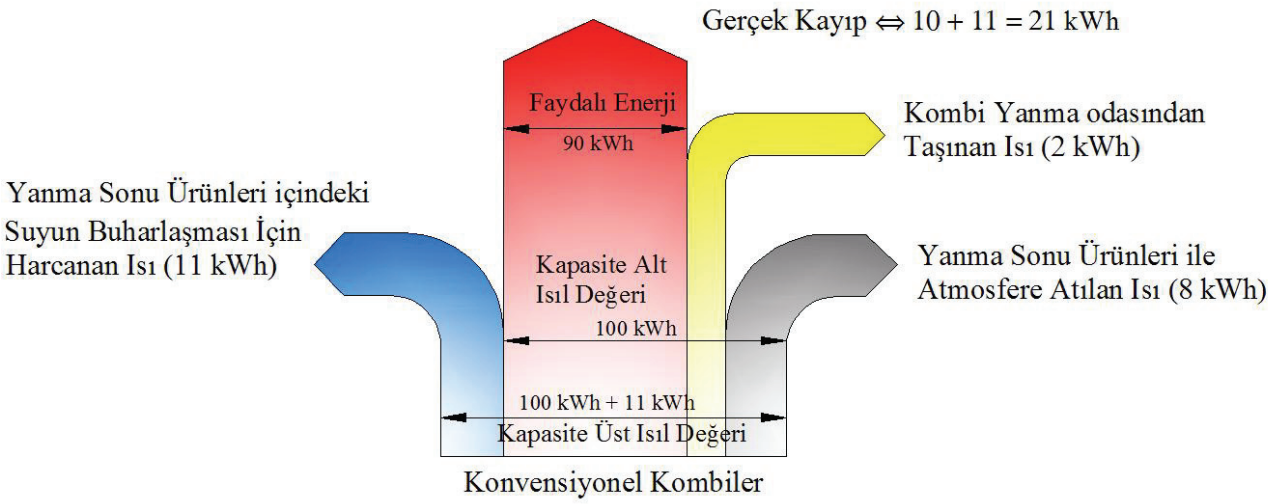
$$CH_4 + 2O_2 \Rightarrow CO_2 + 2H_2O$$

$$C_3H_8 + 5O_2 \Rightarrow 3CO_2 + 4H_2O$$

Duman gazları içinde bulunan buharlaşma gizli ısısı yanmada oluşan su buharının yoğuşturulması ile kazan suyuna aktarılmaktadır. Doğalgaz yakılmasında norm kullanma ısıl verimi, konvansiyonel bir düşük sıcaklık kazanına göre % 15'e varan oranda daha yüksek olabilmektedir.

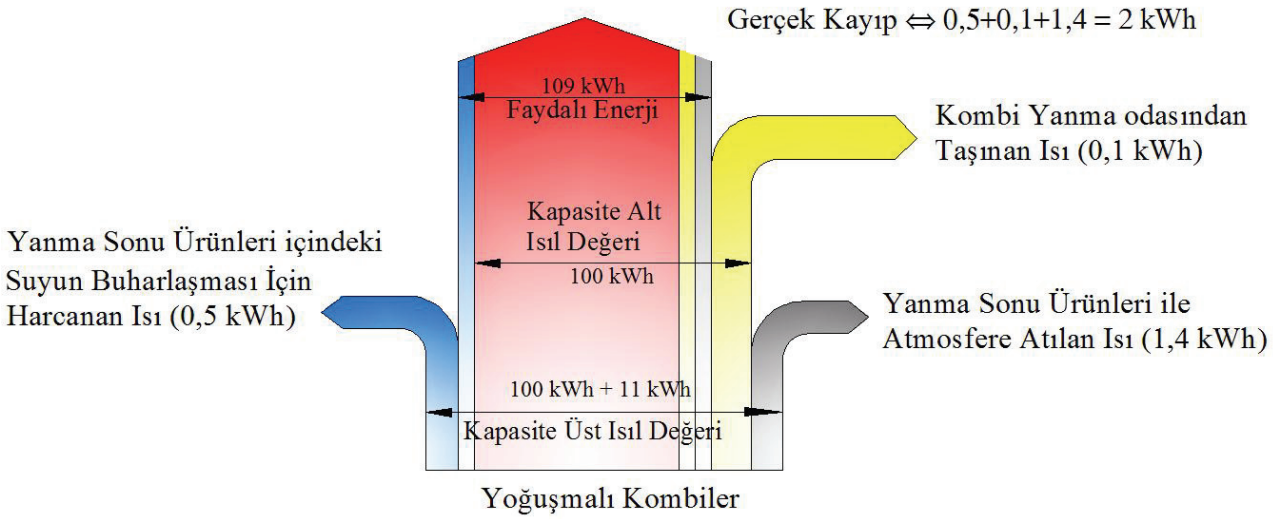
Böylece gerekli ısı miktarının üretilmesi için daha az enerji harcanmaktadır. Şekil 14'te düşük sıcaklık kazanında ve yoğuşma teknolojisine sahip (üst ısıl değer) kazanında ısı geçişi değerleri gösterilmektedir.

Şekil 4.2 : Konvansiyonel Kombiler için Üst Isıl Değer Tekniği Isı Geçiş Değerleri



BAXİ Grup teknik eğitim notları

Şekil 4.3 : Yoğuşmalı Kombiler için Üst Isıl Değer Tekniği Isı Geçiş Değerleri



BAXİ Grup teknik eğitim notları

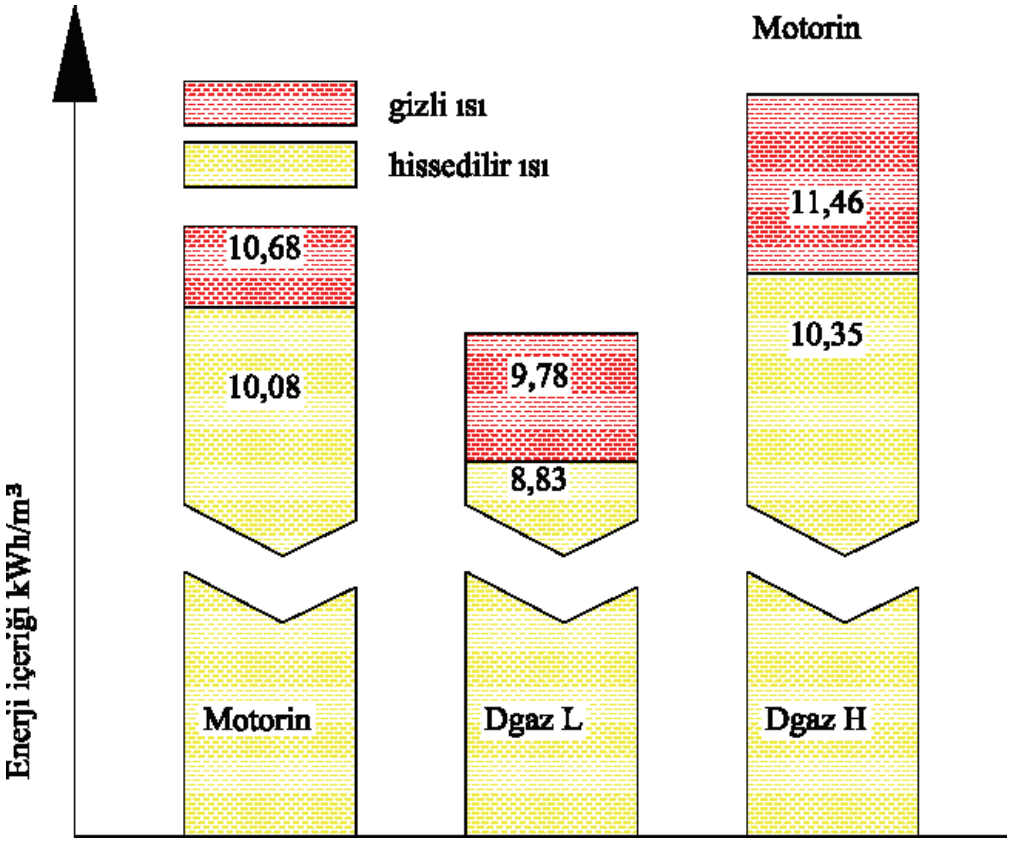
4.1.1.4 YAKITLARIN İÇİNDEKİ ENERJİ

Birim miktarının tam yanmasında açığa çıkan ısı miktarına ısıl değer denmektedir.

Alt ısıl değer (H_u); tam yanmada, eğer oluşan yanma sonu ürünlerindeki su buhar fazında ise, açığa çıkan ısı miktarını tanımlamaktadır.

Üst ısıl değer (H_0); tam yanmada açığa çıkan ısıya duman gazlarının içindeki su buharında bulunan buharlaşma ısısı eklenerek tanımlanmış ısı miktarıdır.

Şekil 4.4 : Motorin Ve Doğalgazın Enerji İçeriği



Konvansiyonel kazanlarda duman gazları, ısıtma yüzeylerinde korozyon hasarlarına yol açtığı için yoğuşturulamamaktadır.

Bu nedenle buharlaşma ısısmdan bugüne kadar faydalanılmamıştır. Kullanma ısıl verimi hesaplamalarında alt ısıl değer (H_u) baz alınmıştır. Buharlaşma ısısından faydalanılması ile norm kullanma ısıl veriminin % 100'ün üzerine çıkmasını sağlamaktadır. Konvansiyonel alt ısıl değer tekniğinin" üst ısıl değer tekniği ile karşılaştırılabilmesi için, norm kullanma ısıl verimleri ısıtma tekniğinde alt ısıl değere göre belirlenmektedir. Tablo 29'da çeşitli enerji kaynaklarındaki üst ısıl değerin (H_0) alt ısıl değere (H_u) oranını gösterilmiştir. Üst ısıl değer (H_0) ile alt ısıl değer (H_u) arasındaki fark ne kadar büyükse, üst ısıl değerden faydalanma derecesi o kadar yüksek olmaktadır. Sıvı yakıtta üst ısıl değer ile alt ısıl değer arasındaki fark % 6 ve doğalgazda % 11 dir, yani doğalgazda üst ısıl değerden çok daha fazladır.

Çizelge 4.2 :Yakıtların Enerji İçerikleri

	Üst ısıl değer H_0 **kWh/ m^3**	**Alt ısıl değer** H_U **kWh/ m^3**	$\frac{H_0}{H_U}$	$H_0 - H_U$ **kWh/ m^3**	**Yoğuşma suyu miktarı (teorik*) Kg/m^3**
Şehir havagazı	**5,48**	**4,87**	**1,13**	**0,61**	**0,89**
Doğalgaz L	**9,78**	**8,83**	**1,11**	**0,95**	**1,53**
Doğalgaz H	**11,46**	**10,35**	**1,11**	**1,11**	**1,63**
Propan	**28,02**	**25,08**	**1,09**	**2,22**	**3,37**
Bütan	**37,19**	**34,35**	**1,08**	**2,84**	**4,29**
Motorin	**10,68**	**10,08**	**1,06**	**0,6**	**0,88**

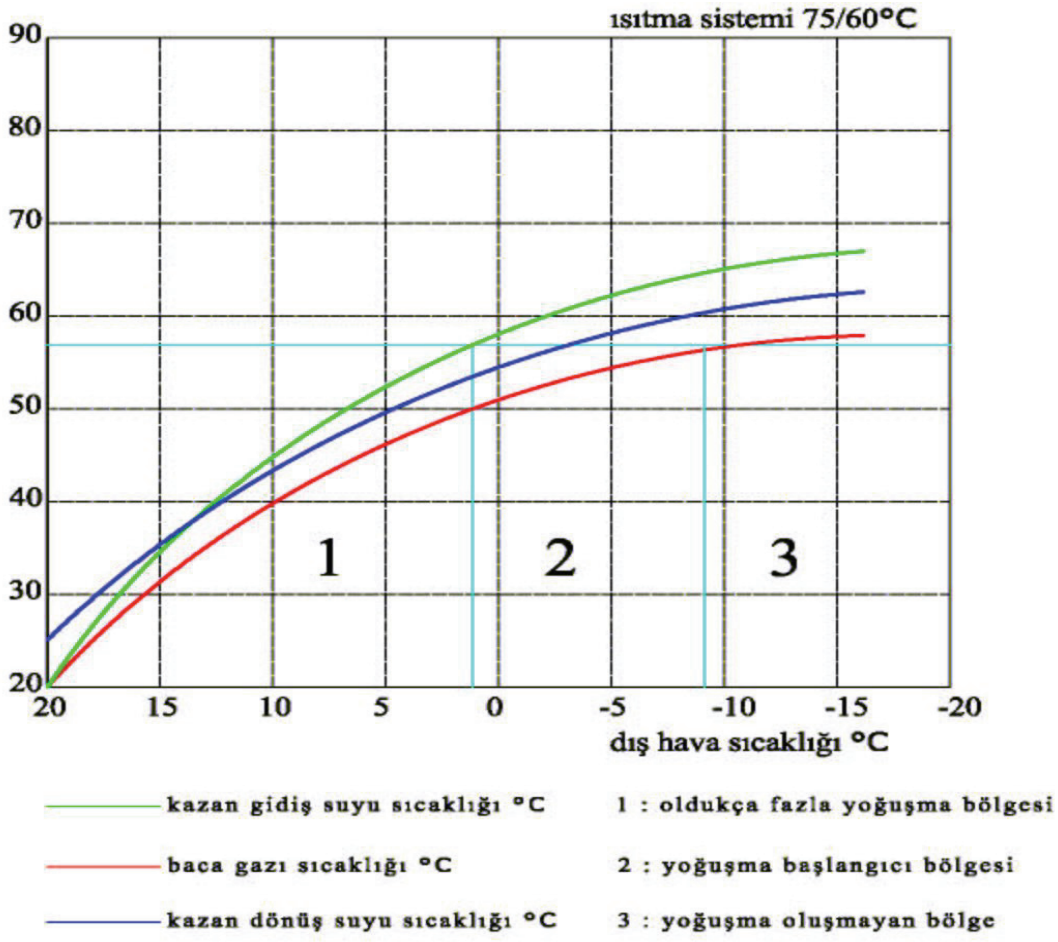
*Motorinde verilenler litre brimine göredir

Üst Isıl Değer Tekniğinde Doğalgazın Avantajları

Üst ısıl değer tekniği ile birlikte kullanıldığında, doğalgazın özellikle ekonomik ve çevreyi koruyan bir ısı üretimi avantajları vardır. Doğalgaz, motorine göre daha fazla hidrojen içerdiğinden baca gazlarında daha fazla su buharı bulunmaktadır. Böylece petrol ile karşılaştırıldığında açığa çıkan yoğuşma suyu ısısı daha fazladır. Doğalgazın yoğuşma (çiğ noktası) sıcaklığı, motorinin yoğuşma sıcaklığının 10 K üzerindedir. Bu, ısıtma periyodu başına enerjiden daha fazla faydalanılmasını sağlamaktadır. Doğalgaz yakılmasında motorinin aksine, yoğuşma suyu ile birleşerek korozif asitlere dönüşen kükürt oksitleri (SO_2/SO_3) oluşmamaktadır.

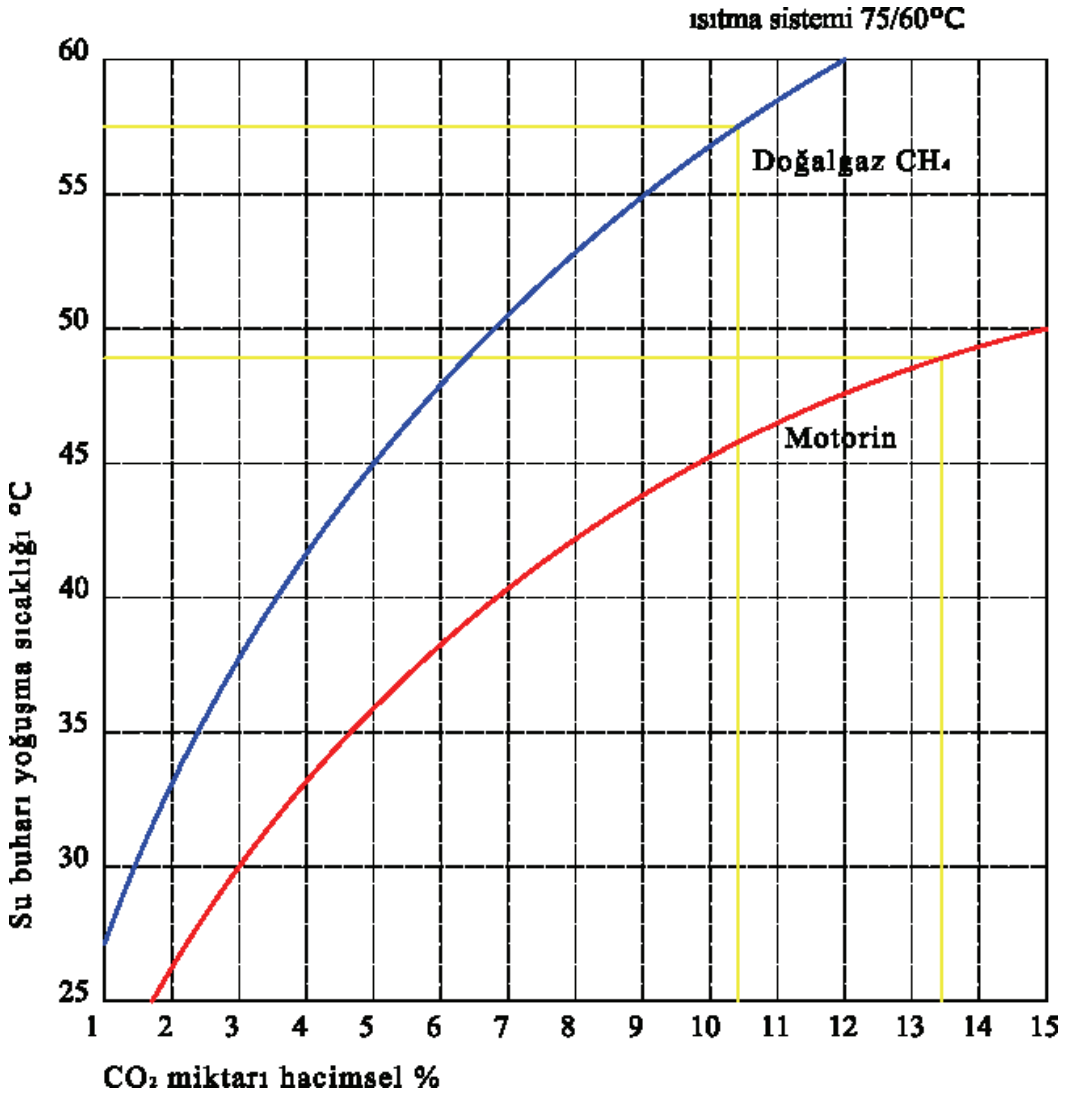
Üst Isıl Değer Tekniğinden Optimal Olarak Faydalanılmasına Etki Eden Faktörler

Şekil 4.5 : Gaz yakıtlı yoğuşmalı kazanlarda ısıtma sistemi sıcaklığının etkisi



Elde edilebilen yoğuşma suyu miktarı ve buna bağlı olan, faydalanılabilen yoğuşma ısısı bağzı faktörlere bağlıdır. Bunlar, yanma havası sıcaklığı, havanın nemi ve hava fazlalık sayısı olmakta ve önemli rol oynamaktadır.Üst ısıl değer tekniği, su dönüş sıcaklığı, baca gazlarından daha fazla ısı çekilebilmesi için mümkün olduğunca düşük olan ısıtma sistemlerinde en yüksek randımanı vermektedir. 40°C'lik su gidiş sıcaklığına ve 30°C'lik su dönüş sıcaklığına göre tasarlanmış bir sistemde (örneğin yerden ısıtmada veya buna benzer düşük sıcaklıklar için tasarımı yapılmış ısıtma sistemlerinde enerjiden yüksek oranda faydalanılmaktadır. Ancak alışılmış 75/60°C sıcaklıklarda işletmenin değişken kazan suyu sıcaklıkları ile gerçekleştirilmesi ile daha yüksek norm kullanma ısıl verimleri sağlanmaktadır

Şekil 4.6 : Yakıt Ve Yoğuşma Sıcaklığı İlişkisi



Yanmadaki hava fazlalık sayısının etkisi ihmal edilmemelidir. Çünkü su buhan yoğuşma (çiğ noktası) sıcaklığı hava fazlalık sayısına ve buna bağlı baca gazlanmn CO_2 miktana bağlıdır. Hava fazlalık sayısı ne kadar düşük olursa (yani CO_2 miktarı ne kadar yüksek olursa) su buharı yoğuşma sıcaklığı ve bununla da üst ısıl değer tekniğinden faydalanma derecesi o kadar yüksek olmaktadır.

4.1.2 YOĞUŞMA SUYUNUN ANALİZİ

Yoğuşma sonunda ortaya çıkan suyun asitlik derecesi (pH) değeri önemlidir. Eğer, yoğuşma suyu aktif ise örneğin içinde hidrojensülftir bulunduruyorsa bu kazana zarar verir. Ama doğal gaz ve LPG gibi içinde sülfür içermeyen bir yakıt kullanılıyorsa (baca gazı ürünleri içinde hidrojensülfür oluşmamışsa) ve kazan malzemesi aside karşı dayanıklı malzemeden üretilmişse (örneğin alüminyum,magnezyum, silisyum alaşımı) yoğuşmanın kazana bir zararı olmamaktadır. Standart kazanlarda oluşan yoğuşma suyu kazan için korozif olduğundan dolayı kazanda yoğuşma olmasından kaçınılır. Bunun için de su dönüş sıcaklığı su buharı çiğ nokta sıcaklığının üzerinde tutulmalıdır.

Standart kazanlarda üç yollu vana ve şönt pompa yardımıyla su dönüş sıcaklığı kontrolü yapılmaktadır. Bu tip kazanlarda sadece kazanın ilk çalışma zamanında az bir miktar yoğuşma olmaktadır. Suyu debisi ve sıcaklık sınırlaması olmayan thermostream kazanlarda ise üç yollu vana ve şönt pompaya ihtiyaç duyulmamaktadır. Sadece kazan ilk çalışmasında oluşabilecek yoğuşmayı önlemek için çıkış pompası kullanılmaktadır.

Doğal gaz veya LPG kullanılan yoğuşmalı kazanlarda ise oluşan yoğuşma suyu pH değeri şekil 15'tende görülebileceği gibi yağmur suyunun pH değeri ile aynı seviyededir. İşlenmiş yoğuşma sularının kanalizasyon şebekesinin ve arıtma tesislerinin üzerindeki olası negatif etkileri hakkında devam eden tartışmalar DVGW nin bu tartışmalı soruları iki rapor ile açıklanmasına sebep olmuştur. Bu konudaki önemli noktalar şunlardır : Evsel atık su miktarlarına göre daha az olan yoğuşma suyu pH değerleri kanalizasyon şebekesine kadar sürekli olarak artar. Kanalizasyon şebekesine bağlantı noktasında yoğuşma suyu yaklaşık olarak nötrdür. Yoğuşma suyunun girişi ile atık su miktarlannda kayda değer bir artış olmamaktadır.

Şekil 4.7 : Yoğuşma Suyu pH Değeri (Isısan:265)



Yoğuşmalı Tip Kazanlarda Yoğuşma Suyunun Analizi

Yoğuşma sonunda ortaya çıkan suyun asitlik derecesi PH önemlidir. Eğer yoğuşma suyu aktifliği örneğin içinde hidrojensülfür bulunduruyorsa bu kazana zarar verir. Ama doğalgaz ve LPG gibi içinde sülfür içermeyen bir yakıt kullanıyor ise (baca gazı içerisinde hidrojen sülfür bileşenleri oluşmamışsa) ve kazan yanma odası aside karşı dirençli bir malzemeden üretilmiş ise (magnezyum alüminyum silisyum alaşımı veya paslanmaz çelik) yoğuşmanın kazana bir zararı olmamaktadır.

Standart kazanlarda yoğuşmanın korozyon etkisi sebebi ile kazan içerisinde yoğuşma olmasından kaçınılır. Bunun içinde dönüş suyu sıcaklığı su buharı çiğ nokta sıcaklığının üzerinde tutulmaya çalışılır. Standart kazanlarda üç yollu vana ve şönt pompa devresi ile radyatör devresinden dönen suyun kontrolüne çalışılır. Bu tip kazanlarda sadece kazanın ilk çalışma zamanında az miktarda yoğuşma olmaktadır.Dönüş suyu debi ve sıcaklık sınırlandırması olmayan kazanlarda ise üç yollu vana kontrolü ve şönt pompaya ihtiyaç duyulmamaktadır. Sadece kazan ilk çalışmasında oluşabilecek yoğuşmayı önlemek için çıkış pompası kullanılmaktadır.

Doğalgaz ve LPG kullanılan yoğuşmalı kazanlarda ise oluşan yoğuşma suyu PH değeri yağmur suyunun PH ile aynı seviyededir.İşlanmiş yoğuşma sularının kanalizasyon şebekesinin ve arıtma tesislerinin üzerindeki olası negatif etkileri hakkında devam eden tartışmalar sonunda iki rapor hazırlanmıştır

- Evsel atık su miktarlarına göre daha az olan yoğuşma suyu PH değerleri kanalizasyon şebekesine kadar sürekli artar. Kanalizasyon şebekesinde bağlantı noktalarında yoğuşma suyu yaklaşık olarak nötrdür. Yoğuşma suyunun girişi ile atık su miktarlarında kayda değer bir artış meydana gelmemektedir.
- Ev içi pis su tesisatı ile kanalizsyon şebekesinde uygun elemanlar kullanıldığında bu elemanlar yoğuşma suyuna karşı yeterli dirence sahiptirler. Yoğuşma suyunun PH değeri ve içerdiği ağır metal miktarlarına özellikle dikkat edilmelidir.

Çizelge 4.3 : Yoğuşma Suyunun Analiz Değerleri

KİMYASAL ELEMANTLER	M 251 BROŞ Miligram/L	İÇME SUYU SINIR DEĞER Miligram/L	21 KW YOĞ. KOMBİ Miligram/L
AMONYUM	**6,0**	**0,5**	**0,05**
KURŞUN	**0,2**	**0,04**	**<0,005**
KADMİNYUM	**0,01**	**0,005**	**0,0005**
KROM	**0,15**	**0,05**	**0,036**
BAKIR	**0,25**	**3,0**	**<0,005**
NİKEL	**0,25**	**0,05**	**0,010**
CİVA	**0,001**	**0,001**	**<0,0002**
SÜLFAT	**600**	**240**	**7**
VANADYUM	**0,005**	**-**	**<0,005**
ÇİNKO	**0,5**	**5,0**	**<0,005**
KALAY	**0,5**	**-**	**<0,005**
HALOJENHİDROKARBON	**0.025**	**-**	**-**
HİDROKARBON	**1,0**	**0,01**	**0,05**
PH DEĞERİ	**6,5**	**6,5 – 9,5**	**3,29 – 6,5**

Yoğuşma Suyu Ekipmanı (Nötürleme İstasyonları)

Hidrojen içeren yakıtların yanması sonucu oluşan su buharı yoğuşmalı kombide ve bacasında yoğuşur. 1 kWh başına oluşan yoğuşma miktarı yakıtın içindeki korbon miktarının hidrojen miktarına oranına bağlıdır. Yoğuşan su miktarı dönüş suyu sıcaklığına , hava fazlalığı katsayısına ve kazanın ısıl yüküne bağlıdır.

Yoğuşmalı kombi ve kazanlarda oluşacak yoğuşma suyu yönetmeliğine uygun olarak kanalizasyona verilebilir. Bu noktada yoğuşma suyunun kanalizasyona verilmeden önce nötüralizasyon edilip edilmeyeceğine kazan kapasitesine bakılarak karar verilir. Yıllık atık yoğuşma suyu miktarını hesaplamak için farklı yöntemler vardır. Tecrübeye dayalı olarak sınır değer 0,14 kg/kWh olarak verilmiştir.Atıl yoğuşma suyu kesin hesabı aşağıdaki formül ile yapılır.

$V_k = Q_F \cdot m_k \cdot b_{VH}$

V_k ; yoğuşma suyu debisi L/yıl

Q_F ; kazanın anma kapasitesi kW

M_k ; tam kullanım süresi h/yıl

b_{VH} ; spesifik yoğuşma suyu miktarı kg/kWh

Tesisat kurulmadan önce yoğuşma suyu drenajı ile ilgili olarak bölgesel kararnameler hakkında bilgi edinmek gerekir. Bu konuyla ilgili belediye makamları ilgilenmektedir.

Çizelge 4.4 : Yoğuşmalı Kazanlarda Nötralizasyon Kullanım İçin Kazan Gücü Sınır Değerleri

KAZAN GÜCÜ	NÖTRALİZASYON
< = 25 Kw	**Gerekmez**
> 25 – 200 kW	**Gerekmez**
> 200 kW	**Gereklidir**

Avrupa da ve Türkiye de yoğuşma suyu miktarının binanın atık suyuna karıştırılması ile ilgili olarak düzenlenmiş bir şartname yoktur. Yukarıdaki tablo bu konuda sadece Almanya da yer alan uygulama tablosu olup bilgi amacı ile verilmiştir.

- Sıvı yakıt kullanılan durumlarda yoğuşma suyu nötralizasyon edilmelidir
- Yoğuşan su miktarı ile binanın normal atık su miktarı yeterli oranda karışıyorsa 1/25

Yoğuşma suyunu nötralize etmek için nötralizasyon tertibatlarından yararlanılabilir. Nötralizasyon tertibatı kazanın yoğuşma suyu çıkışı ile kanalizasyon şebekesi arasına montaj edilmelidir. Yoğuşma suyunun serbestçe akabilmesi için nötralizasyon tertibatı kazanın çıkışıyla aynı yüksekliğe yada altına yerleştirilir. Özel granüllü nötr box, bacadan ve yoğuşmalı kazanlardan gelen yoğuşmuş baca gazının nötralizasyonunda kullanılır. Böylece yoğuşma suyunun geçtiği boru hattının, genel kanalizasyon kanallarının korozyona uğraması engellenmiş ve su kaynaklarının korunması sağlanmış olur. Modern gaz yakıtlı yoğuşmalı sistemlerde meydana gelen yoğuşma sıvısı, çevre dostu granüllü nötralizasyon kutusunda nötralize edilmeli ve aşağıdaki sınır değerlerine sahip olmalıdır. Bu değerler yoğuşma suyu karışmış atık suların sahip olmak zorunda olduğu değerlerdir.

ÇalışmaŞekli:

Yoğuşma suyu, bir filtre eleğinden, nötr kutusuna akar. Yoğuşma suyu entegre edilmiş ıslatma kanalı ile nötralizasyon granülleri arasında dağıtılır. Granüller yukarıdan aşağıya kadar tam olarak doldurulmalıdır. Nötralizasyon granülleri su içerisindedir böylece yoğuşma suyunun nötralizasyonu sağlanmış olur. Bu aşamadan sonra yoğuşma suyu aşağı doğru akarak borudan kanala akar.

Nötralizasyon granülleri yoğuşma suyundan arındırılıp harcanır. Harcanılan granül miktarı kadar ekleme yapılması gerekir. Granül harcaması pH değeri ve yoğuşma suyunun bileşimine bağlıdır. Alt borudaki pH değeri periyodik olarak ölçüm çubuklarıyla ölçülür, bu çubuklar peryodik kontroller için uygundur. Nötralizasyon malzemesinin suda erimesi o kadar azdır ki, nötr suyun akımında granüller boşa harcanmaz.

4.2.1 SU SICAKLIKLARINA GÖRE KAZAN TİPLERİ

Günümüzde ısıtma amacı ile kullanılan sıcak su kazanlarını farklı su sıcaklıklarına göre üçe ayırmak mümkündür:

- Standart kazanlar
- Düşük sıcaklık kazanları
- Yoğuşmalı kazanlar

4.2.1.1 STANDART KAZANLAR

Standart kazanlarda çalışma sıcaklıkları yüksektir. Kazan su sıcaklıkları 50 C altına indirilemez. Bu tür kazanlarda kazan kullanma verimi düşüktür. Bu tip kazanlarda tam yükte ve büyük kapasitelerde verim %89. 1 değerine ulaşabilmektedir. Ancak daha önemli olan, kısmi yüklerdeki kullanma verim değerleri önemli ölçüde düşmektedir. Örneğin 100 kW güçte, %30 kısmi yükte bu değer %86 değerine inmektedir. Burada öncelikle vurgulanması gereken konu, sözü edilen verim değerinin kullanma verimi olduğu, anma verimi olmadığıdır. Kullanma verimi durma sırasında ortaya çıkan ısı kayıplarını ve durma kalkma sırasındaki yanma verimsizliklerini de içermektedir. Standart kazanlar 30 kW altındaki güçlerde çok düşük kullanma verimi değerlerine sahiptir. Bu yüzden bu güç bölgesinde diğer kazan tiplerinin kullanılması daha doğru olur. Örneğin Almanya'da 1998 yılından itibaren 400 kW gücün altında standart tip kazan üretimi durdurulmaktadır. Türkiye de şu an için benzer bir uygulama ve bunu düzenleyen bir Türk standardı yoktur.

Sıcak su kazanlarında yanma sonu ürünü gazların içindeki su buharı, çiğ noktası sıcaklığı altında yoğusur ve oluşan yoğuşma suyunun pH değeri (asitlik derecesi) doğal gazda 3,5-4,5 arasında bir değerdedir, sıvı yakıtta ise 2,5 değerini alır. Kazanlarda duman gazlan, çiğ sıcaklığı altındaki yüzeylerle temas etmemeli veya duman gazı sıcaklığı bu değerin altına inmemelidir. Aksi takdirde oluşan yoğuşma suyunun korozyon tehlikesi vardır. Doğal gazda çiğ noktası sıcaklığı daha yüksektir. Dolayısı ile su sıcaklıklarını ve yüzey sıcaklıklarını 55 C altına indirmek mümkün değildir. Ancak hava fazlalık katsayısını artırarak daha düşük su sıcaklıkları oluşturulabilir. Ancak bu uygulama baca kaybını artıracağı için yararsızdır. Su sıcaklığı ne kadar düşük olursa ve yanma sonu ürünü gazlan ne kadar fazla soğutulabilirse , kazan verimi aynı oranda yükselmektedir.

Modern kazanlarda amaç, kazan su (giriş) sıcaklığını ve buna bağlı olarak da kazan dönüş suyu sıcaklığını düşürmek ve kazan verimini yükseltmek; buna karşılık kazanda yoğuşma olmamasını sağlamaktır. Bunu gerçekleştirirken hava fazlalık katsayıları optimum değerde tutulmaya devam edilmektedir. Düşük sıcaklık kazanlarında bu uygulama kazan konstrüksiyonunda alınan önlemlerle gerçekleştirilmektedir.

4.2.1.2 DÜŞÜK SICAKLIK KAZANLARI

Sıvı yakıtlı düşük sıcaklık kazanları her güçte üretilmekte ve bir çok uygulamada tercih edilmektedir. Yakıt olarak gaz kullanıldığında yoğuşmalı tip kazanlarla belirli kapasite aralığında üstünlük sağlayabilirler. Doğal gazda düşük sıcaklık kazarı diğer kazanlara göre sessiz çalışması, düşük emisyon değerleri ve yüksek kullanma verimi ile önemli bir avantaj sağlamaktadır.

Konstrüktif Önlemler

Düşük sıcaklık kazanları düşük su sıcaklıklarına rağmen zararlı yani kontrol edilemeyen yoğuşma olmaması için öncelikle düşük sıcaklıktaki dönüş suyu en yüksek sıcaklıktaki gaz ile karşılaştırılmalıdır. Bu nedenle düşük sıcaklık kazanlarında kullanılan ısı değiştiricide gazla suyun aynı yönlü paralel akışı prensibi uygulanır. Yüksek gaz sıcaklığına bağlı olarak, soğuk cidarla temas eden ve sıcaklığı yoğuşma sıcaklığı altında kalan film tabakası kalınlığı çok küçüktür. Isıtma yüzeylerinin sonuna doğru gaz kütlesi sıcaklığı düşerken su ve buna bağlı olarak cidar sıcaklığı yükseldiğinden film tabakası kalınlığı yine küçük kalır ve artmaz. Termostream veya diğer bir adı ile termomix prensibinde ise aynı yönlü paralel akışa ek olarak sıcak su çıkışı soğuk su girişine karıştırılarak, su giriş sıcaklığı yükseltilir.

Böylece çok daha düşük dönüş suyu sıcaklıklarında çalıştırılmaları mümkün olabilmektedir. Ayrıca bu çalışma şekliyle kazandaki olası kavrulma olayını engelleyebilmek için su debisinde ve su dönüş sıcaklığında kısıtlama yapmaya gerek yoktur

4.2.1.3 YOĞUŞMALI KAZANLAR

Yoğuşmalı tip kazanlarda baca gazlan içindeki su buharının yoğuşturulması sonucu yanma sonu ürünlerinin gizli ısısından da (yoğuşma sonucu ortaya çıkan ısı) yararlanabilmektedir. Böylece kazan verimi, klasik şekilde yakıtın alt ısıl değerine göre tanımlanacak olursa verim değeri teorik olarak %100' ün üzerinde olabilmektedir. Bu nedenle teorik olarak elde edilebilecek maksimum verim değeri, yakıtın üst ısıl değerinin alt ısıl değerine oranı ile belirlenir. Bu tip kazanlarda, teorik maksimum verim, kazanda tam yoğuşma yapılabilmesi ve yakıtın alt ısıl değerinin kayıpsız olarak suya geçirilebilmesi halinde %109 verime ulaşılabilmektedir.

Bundan da anlaşılabileceği gibi yoğuşmalı kazanların maksimum verim değerleri kullanılan yakıtın alt ve üst ısıl değerlerinin oranına dolayısıyla kullanılan yakıta ait değerlere bağlıdır. Yakıt cinsine göre yoğuşmalı kazanlarda elde edilebilecek maksimum verim değerleri tablo 30'da belirtilmiştir. Tablo 34'te teorik bir yanma sonucunda oluşan yanma sonu ürünleri içindeki su buharının yoğuşma sıcaklıkları da verilmiştir. Görüldüğü gibi yoğuşma sıcaklıkları yakıt cinsine bağlıdır. Yoğuşmalı kazanlarda duman içindeki su buharını yoğuşturabilmek için gazların temas ettiği yüzeylerin sıcaklıkları , bu yoğuşma sıcaklığı değerinin altında olmalıdır. Aksi halde yoğuşma olmaz.Şekil 16'da duvar tipi bir yoğuşmalı kazanın eşanjör kesiti gösterilmiştir. Örneğin 90-70 C çalışan bir sıcak su kazanı yoğuşmalı kazan olarak çalıştırılamaz,

Çizelge 4.5 : Bazı Doğalgazların Ve Sıvı Yakıtların Üst Isıl Ve Alt Isıl Değer Oranı (ÇELİK,1997)

YAKIT ÖZELLİKLERİ			YAKIT		
ÜST ISIL DEĞER Ho	**Doğal gaz 10,30 kWh/m3**	**Doğal gaz 12,18 kWh/m3**	**Doğal gaz 28,11 kWh/m3**	**Bütan 37,17 kWh/m3**	**Sıvı yakıt 12,61 kWh/m3**
ALT ISIL DEĞER Hu	**9,30 kWh/m3**	**11,02 kWh/m3**	**25,85 kWh/m3**	**34,32 kWh/m3**	**11,8 kWh/m3**
ORAN Ho/Hu	**1,11**	**1,11**	**1,09**	**1,08**	**1,06**
BACA GAZI ÇİĞ NOKTA SICAKLIĞI	**56 °C**	**56 °C**	**53 °C**	**52 °C**	**47 °C**

Böyle bir kazan, ancak kısmi yüklerde, kazan suyu dönüş sıcaklığı yoğuşma sıcaklığının (örneğin doğal gaz için 56 °C) altına düştüğünde yoğuşmalı olarak çalışmaya başlayacaktır. O halde yoğuşmalı kombi ve kazanların etkin bir biçimde kullanılabilmesi için su sıcaklıkları yoğuşma sıcaklıklarının (çiğ nokta sıcaklıklarının) çok daha altında olmalıdır. Bunu gerçekleştirebilmek için ısı geçiş yüzeyleri paralel ters akışı olarak düzenlenir. Duman gazları en soğuk oldukları yerde , en soğuk su ile karşılaşırlar.

Böylece mevcut şartlar içinde en fazla yoğuşmanın olması sağlanır. Uygulamada karşılaşılan değerler, yanma sonu ürünü gazlarına sıcaklığının ortalama olarak su dönüş

sıcaklığından 5 °C daha yüksek olduğu şekildedir. Isı geçiş yüzeylerinde çiğ noktası altına inebilmek için sistem tasarımında mümkün olduğunca düşük kazan dönüş suyu sıcaklığı hedeflenmelidir.

Bunun yanı sıra diğer bir ana hedef ısıtma su devrelerinin hidrolik olarak iyi dengelenmesi ve bütün devrelerde eşit soğuma elde edilmesidir. Kazanlarda duman gazlarının yoğuşması sonucu ortaya çıkan yoğuşma suyu korozif olduğundan, kazan ısıtma yüzeylerinin normal çelik malzemelerden yapılması mümkün değildir. Mutlaka korozyona dayanıklı özel alaşımlar (magnezyum - alüminyum -silisyum alaşımı veya özel tip paslanmaz çelik (316 L gibi) malzemelerin kullanılması gerekir. Bu nedenle kazanın satınalma maliyeti artar. Sonuçta yoğuşmalı kazanlar yüksek işletme verimli, buna karşılık pahalı kazanlar olarak bilinir. Yoğuşmalı kazanların daha düşük maliyetler ile üretilebilmesi için, bazı çözümler geliştirilmiştir. Bunlardan biri, kazanların tamamının özel malzemeden yapılması yerine, özel malzemeden yapılmış yoğuşmalı ısı değiştiricilerinin kullanılmasıdır. Özellikle büyük kazanlarda bu çözüm daha çok uygulanır. Küçük kapasitelerde ise, kazanın tamamının özel malzemeden yapılması gereklidir. Ancak yoğuşmalı kazanlar ve kombiler yüksek işletme verimleri ve düşük yakıt tüketimleri ile satınalma bedelindeki farkı çok kısa sürede karşılayarak, çok avantajlı hale gelmektedir.

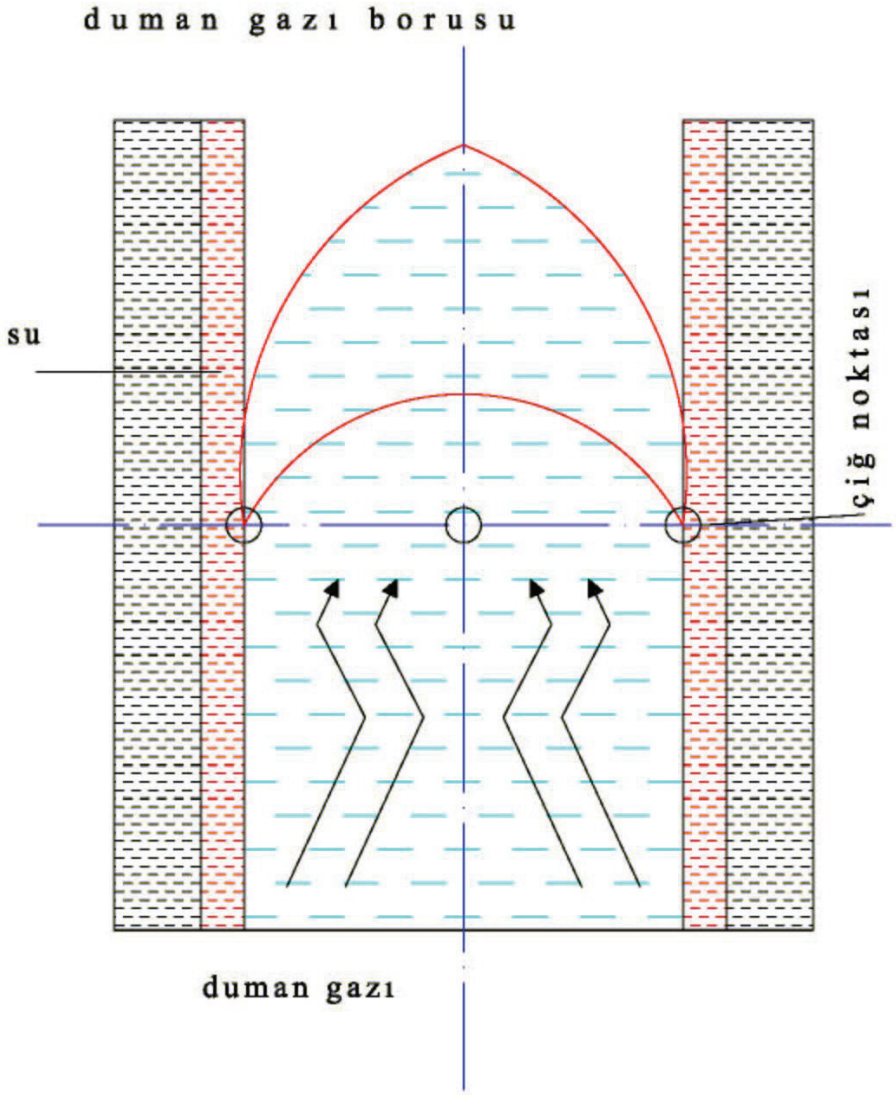
Yoğuşma özelliğinden daha fazla yararlanabilmek için yoğuşmalı kazanlarda oransal brülör kullanılması büyük yarar sağlar. 1500 kW ve üzeri kapasitedeki tüm kazanlarda oransal brülör kullanımı gereklidir. Yüksek kaliteli yoğuşmalı kazanlarda modülasyonlu brülör kullanıldığında, tam yoğuşmadan daha uzun süre yararlanılır, yıllık verim artar, yakıt tüketimi azalır. Yoğuşmalı kombilerin ise modülasyonlu gaz valfleri sayesinde çok hassas yanma kontrolleri yapılabilmektedir. Yoğuşmalı kazan verimini yükseltmek ve yoğuşmadan tamamen yararlanmak için, doğal gaz kazanlarında duman gazlarını çiğ noktası sıcaklığının altına kadar soğutmak gerekir. Tam yoğuşma halinde doğal gaz kazanlarında % 109 ısıl verim değerine

çıkılabilir. Yanma sonu ürünleri çiğ noktası sıcaklığının altına kadar soğutabilmek, ısıtma sisteminde kullanılan sıcak su sıcaklıklarına bağlıdır. Klasik 90/70 °C kalorifer sistemlerinde tam yükte duman gazlarını kısmen bile yoğuşturmak mümkün değildir. Ancak kısmi yüklerde kısmen yoğuşma sağlanabilir. Buna karşılık bu gün Avrupa'da kullanılan radyatörlü sıcak sulu ısıtma sistemlerinde 75/60 °C tercih edilmektedir. Bu sistemlerde özellikle kısmi yüklerde önemli mertebede yoğuşma elde edilir. Yoğuşmalı kazanlarda en yüksek verimler döşemeden ısıtma uygulamalarında elde edilir. Bu uygulamalarda kısmi yüklerde teorik %109 ısıl verimlere ulaşılabilmektedir. Yukarıda da belirtildiği gibi, ısıtma sistemlerinde kullanılan radyatör, vb ısıtıcılar, Türkiye'de kullanılan ısı kaybı hesaplarıyla seçiliyor. Bu nedenle ısıtma sistemleri en soğuk havalarda dahi genellikle 65/50°C şartlarında çalışarak tam yoğuşma imkanını yeterince sağlamaktadır. Bu sistemlerde özellikle kısmi yüklerde önemli mertebede yoğuşma elde edilir. Yoğuşmalı kazanlarda en yüksek verim elde edilir, düşük sıcaklıkta su ile ısıtma nedeniyle döşemeden ısıtma ve fan-coil uygulamalarında faydalanılır. Kazandan en yüksek verimin alınması için en düşük sıcaklıklardaki geri dönüşler yoğuşma ünitesinden geçirilmelidir. Buna ek olarak çift kazanlı uygulamalar yapılabilir. Kazanlardan birisi yoğuşmalı kazandır. Bu kazan kısmi yüklerde tek başına çalışırken, tam yükte çalıştırılan ikinci kazan ile birlikte işletilmektedir. Yoğuşmalı kazanların sağladıkları verim avantajına karalık, yoğuşmasız kazanlara göre daha maliyetli olmaları çoğu zaman kazan ve sistem seçiminde kararsızlıklara neden olmaktadır. Yoğuşmalı kazanların modern yüksek verimli düşük sıcaklık kazanlarına göre sağladıkları yakıt avantajı ve buna karşılık fazladan yapılması gerekli yatırım boyutu değerlendirilmelidir.

4.2.1.3.1 YOĞUŞMA OLAN ISI DEĞİŞTİRİCİLERİN İNCELENMESİ

Yoğuşmalı kazanlar, bütün güç aralıklarında üflemeli brülörlü gaz yakıtlı kazan şeklinde sunulmaktadır. Isıtma sistemi yönetimi yoğuşmalı kazanlar için CE- işareti ile ilgili şartların dışında başka bir şart öngörmemektedir. Böylelikle düşük sıcaklık kazanları için geçerli olan değişken brülör gücü veya çok kazanlı sistem uygulaması da ortadan kalkmaktadır. Kazan gücü, düşük sıcaklık kazanlannda olduğu gibi binanın norm ısı ihtiyacından bağımsız olarak belirienebilir.

Şekil 4.8 : Yoğuşma Olan Duman Gazı Borusu Kesiti

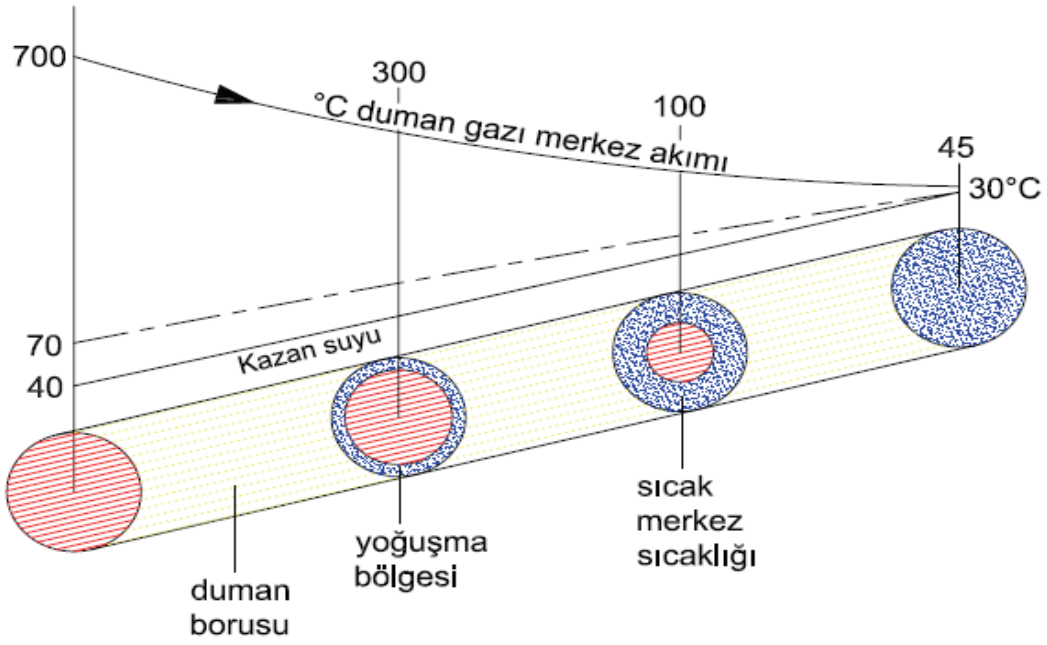


Yoğuşmalı kazanlarda önemli olan tam yoğuşma için mümkün olduğunca uygun şartların sağlanmasıdır. Duman gazı kesitindeki sıcaklığın akış şekli ve bunun çiğ noktası doğrusuna olan konumu belirleyicidir. Çiğ noktasının alanda bulunan bir duvar yüzey sıcaklığında yoğuşma suyu miktarının merkezdeki akmı sıcaklığı tarafindan belirlendiğini göstermektedir.

Bu nedenle yoğuşmalı kazanlarda bu nedenle duman gazı yolunun sonunda kazan suyu ile duman gazı arasında sadece bir kaç derecelik sıcaklık farkı mevcuttur. Buna yüksek etkenliğe sahip, özel olarak yoğuşma şartlarına uygun olan ısıtma yüzeyi konstrüksüyonları ve kısmi yük bölgesine mümkün olduğunca giren değişken bir brülör ile ulaşılmaktadır. Merkezdeki en düşük akım sıcaklığına doğal olarak duman gazı yolunun sonunda ulaşılmaktadır. Mümkün olduğunca efektif bir yoğuşma elde edilebilmesi için en düşük su sıcaklığının da burada bulunması gerekmektedir.

Düşük sıcaklık kazanlarının aksine yüksek sıcaklık kazanlarında duman gazı ve kazan suyu için ters yönlü paralel akım çalışma şekli söz konusudur. Şekil 17'de mavi ile gösterilen boru kesitleri yoğuşma bölgesinin tabaka kalınlığını kesik çizgi ile gösterilenler ise çiğ noktası üzerinde bulunan merkezdeki gaz akım bölgesi ile ilgilidir.

Şekil 4.9 : Duman Gazı Ve Kazan Suyunun Zıt Yönlü Paralel Akımı



40°C1ik giriş suyu sıcaklığında (yani çiğ noktasının oldukça altında) duman gazı yolunun ön kısmında pratik olarak kayda değer bir yoğuşma meydana gelmemektedir. Çünkü merkezde 300°C ile 700°C arasındaki akım sıcaklığı sadece teorik olarak mevcut bir yoğuşma bölgesine izin vermektedir. Benzer süreç 200°C ile 300°C arasıda duman gazı yolunun orta bölgesi için de geçerlidir.

Asıl yoğuşma duman gazı yolunun son %20'si ile 25%'inde başlamaktadır. Ancak, burada su gidiş sıcaklığının yoğuşma suyu miktarı için pratik olarak bir rolü yoktur. Çiğ noktasının oldukça üzerine çıkılmasına rağmen bunun, duman gazı yolunun sonundaki sıcaklık değerine önemli bir etkisi olmamaktadır. Yoğuşmalı kazanın etkinliği su dönüş sıcaklığı tarafından belirlenmektedir.

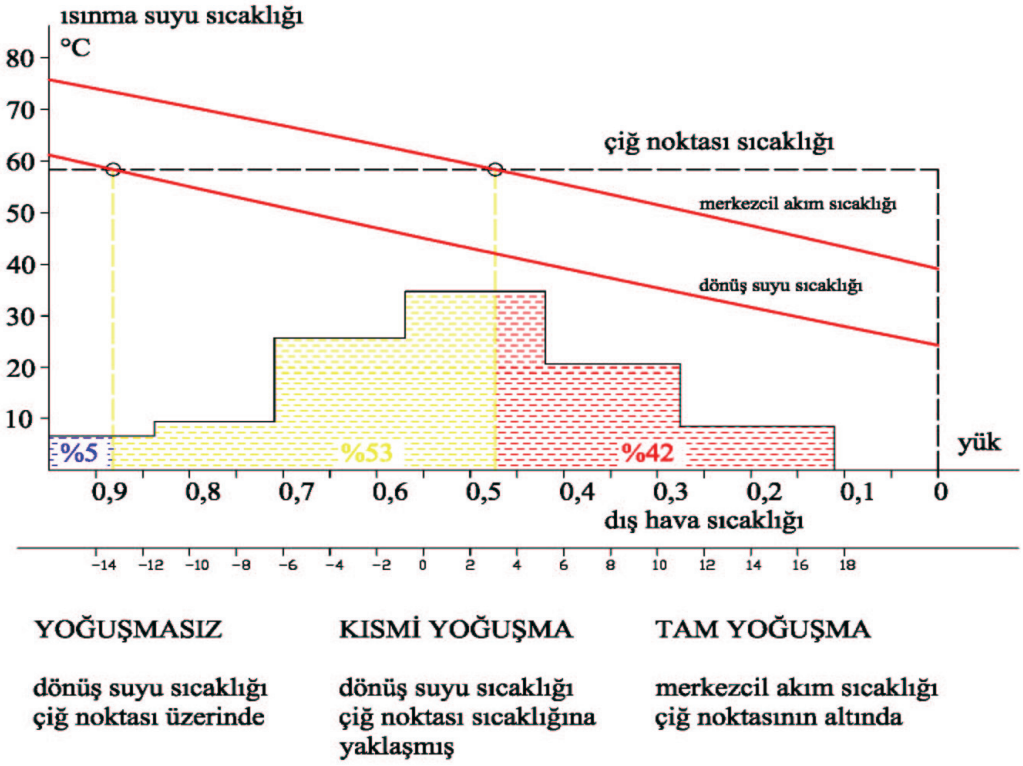
Daralan Kesitli Mikro Türbülanslı Duman Boruları

Yeni geliştirilmiş daralan kesitli mikro türbülanslı duman borularının tasarımı, baca gazı akışını engellemeyecek şekilde yapılmıştır. Duman borusundaki daralma mikro türbülans oluştururken yoğuşma yüzeyini artırır. Mikro türbülanslar, sürekli olarak boru yüzeyine yakın ve ana baca gaza akışının içinde ilerlemektedir. Böylelikle baca gazının tamamı soğuk yüzeyle temas halinde olduğundan yoğuşma enerjisinden daha fazla yararlanılır. Daralan kesitli mikro türbülanslı duman borularında hız sabit olduğundan, düşük baca gazaı sıcaklıklarında bile yüksek ısı transferi gerçekleşir. Uzun ve geniş ısı transfer yüzeyi ile kazan su hacminin büyük olması sayesinde, kazan içerisinde kireç oluşumu ve ısıl gerilmeler engellenmiş olur. Mikro türbülanslı daralan kesitli duman borularının konstruksiyonu gereği, yoğuşma suyu sürekli olarak yukarıdan aşağıya, kazanın baca çıkışına doğru akar. Yoğuşma suyunun tekrar buharlaşması veya boruların kirlilikten tıkanma ihtimali olmadığından herhangi bir bakım ve servis ihtiyacı yoktur.

Yoğuşmalı bir kazanın değişken sıcaklık ile işletilmesi halinde, su dönüş sıcaklık eğrisi üzerinde belirleyici işletme büyüklüğü olarak üç karakteristik dönem (tam yoğuşma, kısmi yoğuşma ve yoğuşmasız) tanımlanabilir. Bu dönemler ısı ihtiyaç değerleri ile ilgili yüzdelerle birlikte belirlenebilmektedir. Şekil 4.9 konutlarda çok sık karşılaşılan 60°C'lik norm su dönüş sıcaklığı için Almanya şartlarında üç karakteristik dönemin yıllık gerçekleşme yüzdelerini vermektedir.

Merkezdeki akımı sıcaklığı Şekil 4.9 'da 15°C'1ik mesafe ile su dönüş sıcaklığına paralel olarak çizilmiştir. Kısmi yükte azaltılan brülör gücü çok etkilidir, çünkü bununla merkezdeki akım sıcaklığı düşürülmektedir ve tam yoğuşmalı işletme süreci genişletilmektedir.

Şekil 4.10 : Tek Kademeli Brülörde Yoğuşmasız Durumdaki Kısmi Ve Tam Yoğuşmaya Bağlı Isıtma Zamanı Yüzdeleri



Şekil 4.10’ da 0°Clik dış hava sıcaklığında brülör gücü anma ısı gücünün %50'sine düştüğü görülmüştür. Çiğ noktası ile merkezdeki akım sıcaklığının kesişme noktası sola kaymakta ve tam yoğuşma ile sağla¬nan ısı miktarı %74'e yükselmektedir. Bu şartlar altında norm kullanma ısıl verimine yaklaşık olarak %105 değerine ulaşmaktadır. Kullanma ısıl verimleri Almanya'da yakıtın alt ısıl değerine göre belirlendiğinden Yoğuşmalı kazanlarda %100'ün üzerinde değerler görülebilmektedir.

Böylece alt ısıl değerin uygun bir ölçek sunmadığı anlaşılmaktadır. Kullanma ısıl veriminin yakıtın üst ısıl değeri ile ilişkilendirilmesi, duruma açıklık kazandırmaktadır Ayrıca yoğuşmalı okmayan kazanların fiili kayıp büyüklükleri de ortaya çıkmaktadır.

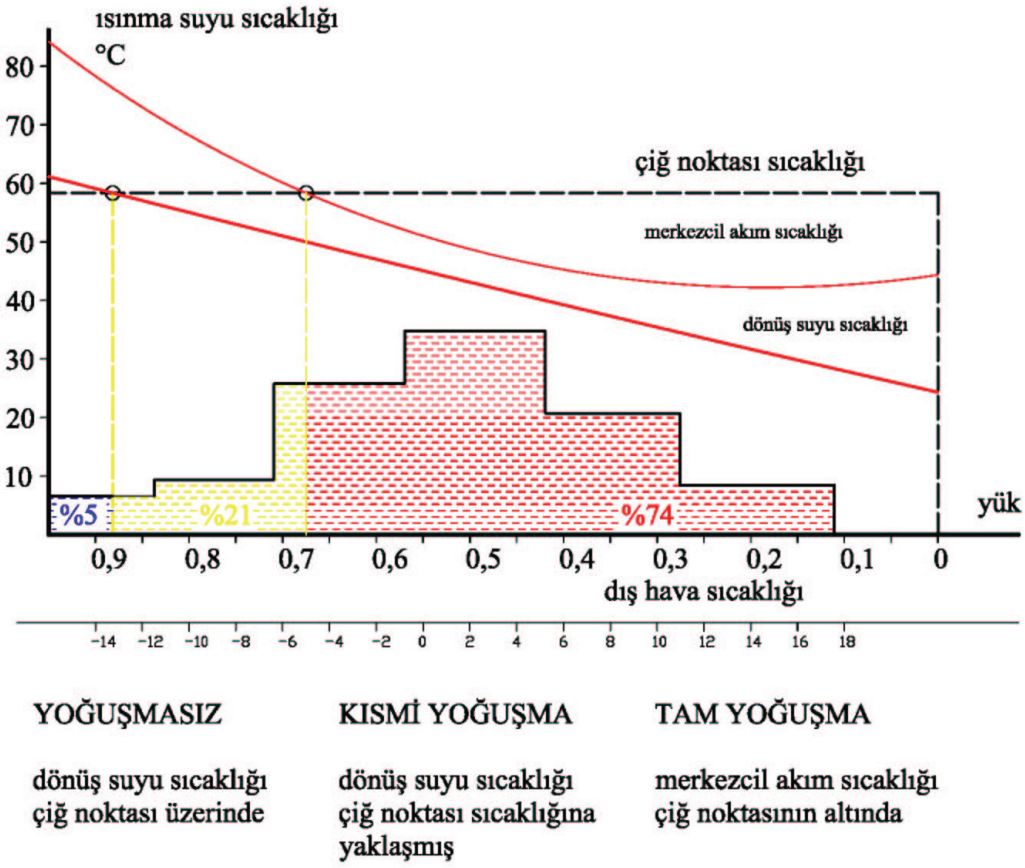
Ölçekler arasındaki dönüşüm büyüklüğü Ho/Hu oranıdır. Doğal gaz için yaklaşık olarak 9,8 kWh/ 8,8 kWh = 1,114 geçerlidir.

Doğal olarak yoğuşmalı kazanlarda söz konusu olan husus yoğuşan su oluşumunun en iyi şekilde gerçekleştirilmesidir. Yoğuşma ile ilgili temel şartların yanı sıra bir dizi kornstrüktif teknik detayın büyük bir önemi vardır. Bunlar öncelikle damla yoğuşmasını teşvik etme ve birikintileri ve film oluşumlarını önleme amacına hizmet etmektedir. Diğer bir amaç da doğal olarak korozyon emniyetidir, bu, korozyona dayanıklı uygun malzemelerin kullanılması ile sağlanmaktadır. Gaz yakıt yakılmasında belirli alüminyum alaşımları ve paslanmaz çelikler pratik olarak kabul görmüştür. Damla yoğuşması ile ısı transferinin en etkin şekline ulaşılmaktadır. Buradaki ısı transferi film yoğuşmasından 10 kat daha büyüktür ve buna göre yoğuşmalı kazanın kullanma ısıl verimi, yapısal büyüklüğü ve yatırım maliyetleri üzerine doğrudan etkiler oluşmaktadır.

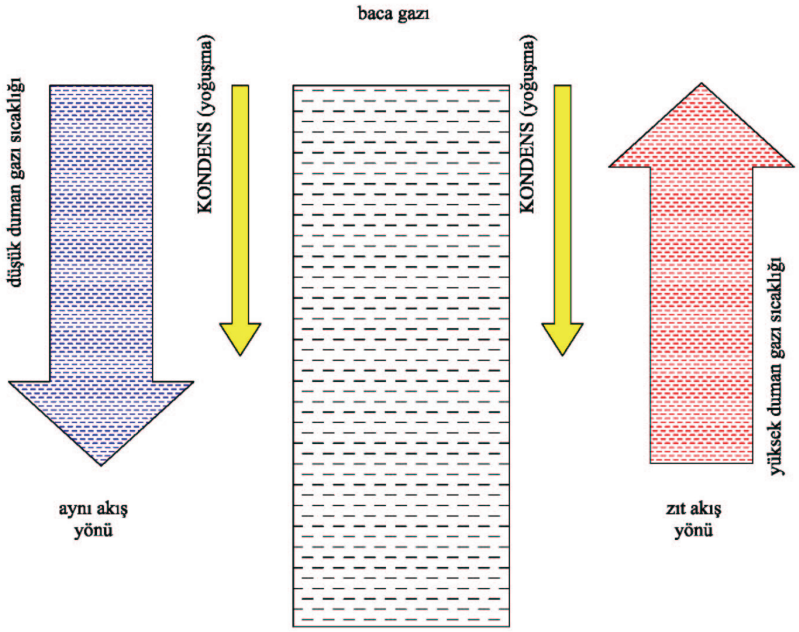
Film yoğuşması, birbiriyle ilişkili büyük ve iyi ıslatılabilen yüzeyler tarafından teşvik edilmektedir. Eğer yoğuşma suyu akışı engellenirse, ısı transferini engelleyen ilave yoğuşan su birikintileri oluşmaktadır. Tüm bunlara göre yoğuşma yüzeylerinin mümkün olduğunca düşey olarak yerleştirilmesinin gerektiği ortaya çıkmaktadır. Ayrıca yoğuşan su ile yanma sonu ürünü gazların aynı yönde akışı gereklidir.

Her iki akışkanın zıt yönlü olarak akması durumunda, yoğuşan suyun bir kısmı yüksek sıcaklığa sahip duman gazları ile temas sonucunda yeniden buharlaşır ve bundan enerji kazancı olarak faydalanılamaz.

Şekil 4.11 :Oransal Brülörde Yoğuşmasız Durumdaki Kısmi Ve Tam Yoğuşmadaki Isıtma Zamanı Yüzdeleri



Şekil 4.12 : Duman Gazı İle Kondensin Aynı Akış Yönleri

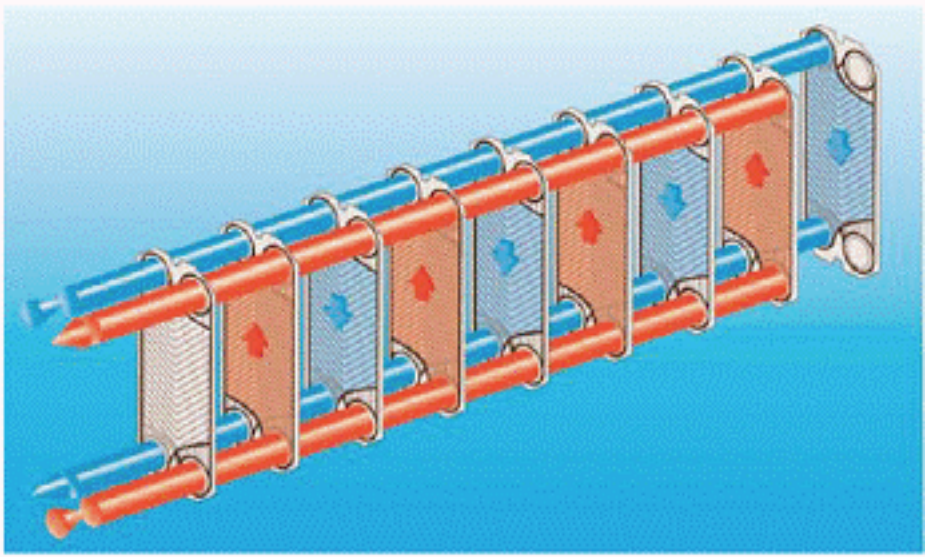


Duman gazı ile yoğuşan suyun aynı akış yönüne sahip olması yoğuşma ile ortaya çıkan ısı kazancını iyileştirmektedir. Bu yüzeyler yüksek alaşımlı, korozyona dayanıklı paslanmaz çelikten (krom-nikel-molibden alaşımlı) imal edilmiştir. Paslanmaz çelik asidik kondense dayanıklı olup yüksek işletme emniyeti ve uzun ömür sağlamaktadır. Çapraz ısıtma yüzeyleri, duman gazı akımını etkili bir şekilde türbülanslı hale getiren, çapraz geçişli preslenmiş parçalardan oluşan, yüksek etkenlikte yoğuşmalı eşanjör yüzeyleridir. Tüm duman gazı molekülleri ısıtma yüzeyine temas etmektedir.

Bunların sıcaklığı, su dönüş sıcaklığına bağlı olarak 58°C'lik su buharı yoğuşma sıcaklığının altında bulunmaktadır: Duman gazındaki su buharı, ısıtma yüzeylerinde etkili bir şekilde yoğuşmakta ve burada açığa çıkan ısı ilave ısıtma enerjisi olarak kazan suyuna verilmektedir. Çapraz ısıtma yüzeyleri ısıyı yüksek etkenlikte kazan suyuna geçirmektedir. Burada baca gazı sıcaklığı, su dönüş sıcaklığının sadece 10 K üzerinde olduğundan, baca gazı kayıpları tüm ısıtma peryotunda, tüm işletme şartlarında, oldukça düşük kalmaktadır.

Etkin yoğuşma ve düşük baca gazı sıcakları ile, ısıtma sistemi sıcaklığına bağlı olarak doğalgazın alt ısıl değerine göre % 109'a varan, norm kullanma ısıl verimlerine ulaşılmaktadır. 75/60°C'ye göre tasarımı yapılmış konvansiyonel bir ısı dağıtım sisteminde norm kullanma ısıl verimi %106 civarında olmaktadır. Senelik ısıtma harcamasının yaklaşık olarak % 90'ı üst ısıl değerden faydalanılarak karşılanabilmektedir.

Şekil 4.13 : Çapraz Isıtma Yüzeyleri



Düşük sistem sıcaklıklarına sahip bir ısıtma sistemi (Örneğin tabandan ısıtma) yanında, konvansiyonel hacim ısıtma yüzeylerinin (radyatör v.b.) kullanımında da yoğuşmalı kazanın verimli olarak işletilmeleri mümkündür.

Çapraz ısıtma yüzeyleri düşey yerleştirilmiştir. Oluşan yoğuşma suyu engellenmeden duman gazı ile aynı yönde yukarıdan aşağı doğru akmaktadır. Yoğuşma suyunun tekrar buharlaşması ile oluşan konsantrasyon artışı önlenmiş olur. Oluşan yoğuşma suyu ısıtma yüzeylerini yıkayarak temiz tutmaktadır. Kendiliğinden oluşan bu temizleme, bakım harcamasını engellemekte ve yoğuşan suyun buharlaşması ile gelebilecek fonksiyon bozukluklarına engel olmaktadır.

Almanya' daki yeni yönetmeliklerde radyatörlü sistemlerde optimum sistem tasarım sıcaklığı 55/45 °C olarak verilmektedir. Bu yeni yönetmeliklerde amaç duman gazlannın üst ısıl değerinden yararlanmak olduğu kadar , aynı zamanda konforlu bir ısıtma sağlamaktır. Yine Almanya' daki yönetmeliklere göre uygun radyatörlü sistem tasarım sıcaklığı 70/50 °C olarak tanımlanmaktadır.

Bu durumda maliyet/fayda ilişkisi optimum değerdedir. Eski yapıların modernizasyonunda ve kazan dönüşümlerinde yapının ısı yalıtımı yoluyla su dönüş sıcaklıklarının düşürülmesi olanakları aranmaktadır. Böylece eski yapılarda mevcut ısıtma tesisatında da modern yoğuşmalı tip kazanları kullanmak mümkün olabilecektir.

4.3.1 BİNALARDA ENERJİ PERFORMANS YÖNETMELİĞİ

06/12/2009 tarihinde yürürlüğe giren binalarda enerji performans yönetmeliğinin ısıtma sistemleri ile ilgili beşinci bölümünün ilgili maddeleri aşağıdaki gibidir.

BEŞİNCİ BÖLÜM

Isıtma ve Soğutma Sistemleri Projelendirme ve Uygulama Esasları

Madde 13

(3) Toplam kullanım alanı 2000 m2'den büyük olan yeni yapılacak binalarda mümkünse bölgesel ısıtma, mümkün değil ise merkezi ısıtma sistemi tasarımları yapılarak ilk yatırım ve işletme masrafları ile birlikte enerji ekonomisi göz önüne alındığında bireysel ısıtma sistemine göre avantajlı olması durumunda bölgesel veya merkezi ısıtma sistemi yapılması zorunludur.

(4) Proje müellifi, toplam kullanım alanı 1000 m2'den büyük olan yeni yapılacak binalar için **(3)**'ncü paragrafta açıklanan çalışmayı tasarım aşamasında rapor halinde yapı ruhsatı ve yapı kullanma izni düzenlemeye yetkili idarelere sunması zorunludur.

(5) Kullanım alanı 250 m2'nin üstündeki bireysel ısıtma sistemi ile ısıtılan bağımsız bölümlerde kullanılacak ısıtıcı cihaz, baca gazı ısısını kullanacak şekilde yoğuşmalı seçilmelidir.

(6) Merkezi ısıtma sistemi ile ısıtılan binalarda, sıcaklık kontrol ekipmanları ile ısı merkezinde iç ve/veya dış hava sıcaklığına bağlı kontrol ekipmanlarının kullanımı zorunludur.

(14) Merkezi ısıtma sistemlerinde kullanılacak sıvı veya gaz yakıtlı kazanlarda;

a) 50 kW – 500 kW arasında ısıtma kazanı kapasitesine sahip sistemlerde iki kademeli veya oransal kontrollü brülörler,

b) 500 kW ve üzerinde ısıtma kazanı kapasitesine sahip sistemlerde ise oransal kontrollü brülörler kullanılır.

(15) Isıtma kapasitesi 100 kW ve üzerindeki katı yakıtlı kazanlarda otomatik yakıt besleme sistemleri kullanılır.

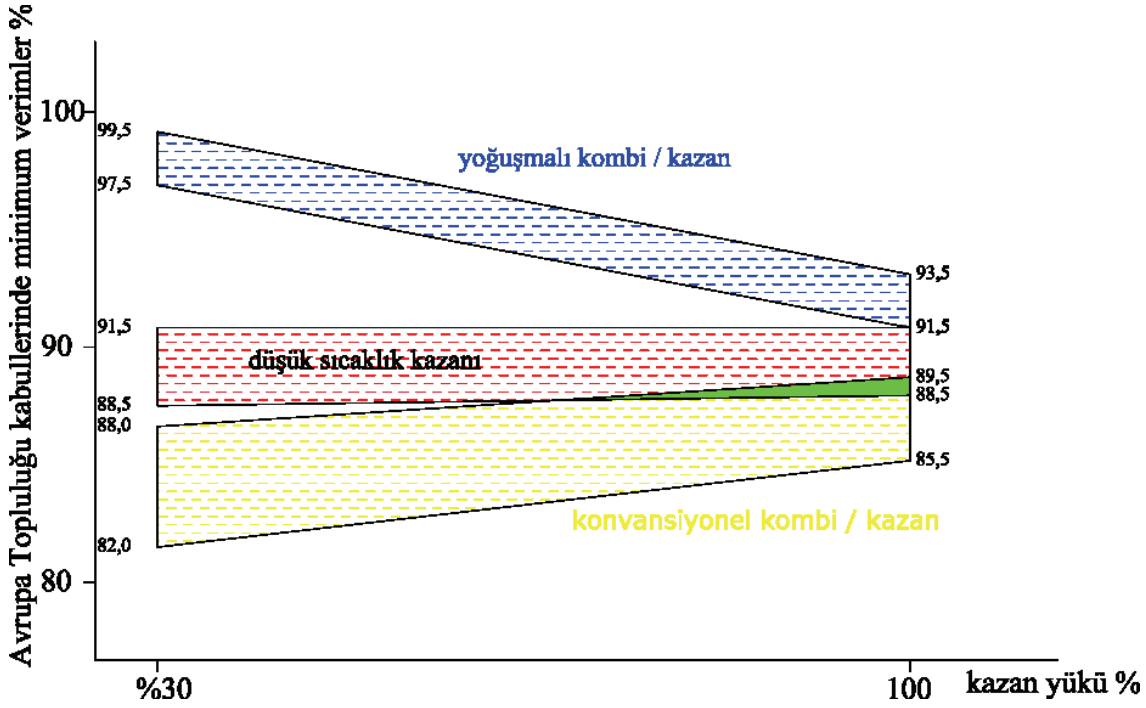
4.3.2 AVRUPA TOPLULUĞU VERİM DİREKTİFİ

Avrupa Birliği'nin en önemli politik hedeflerinden biri de enerji tasarrufudur. Bu hedefe ulaşmak için Kazan veya Verim Direktifi (Komisyon Direktifi 92/42/EWG) yürürlüğe girmiştir. Bu direktif, kazan tiplerini tanımlamaktadır ve enerjiden faydalanma ile ilgili minimum şartları belirlemektedir. Bu direktif 400 kW'a kadar kazanlar ve kombiler için geçerlidir.

Düşük sıcaklık ve yoğuşmalı kazanlar aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır

Standart kazan, ortalama işletme sıcaklığı, özellikleri nedeniyle sınırlanabilen kazandır. Bu kazanlar enerjiden faydalanma konusunda sadece istenen minimum şartlan yerine getirmektedir. Düşük sıcaklık kazanları sürekli olarak 35°C ile 40 °C arasındaki su dönüş sıcaklığı ile işletilebilen ve belirli şartlar altında duman gazı içerisinde bulunan su buharının yoğuşabildiği kazanlara denir. Yoğuşmalı kazanlar duman gaza içerisinde bulunan su buharının büyük bir kısmının yoğuşmasını sağlayacak biçimde tasarlanmış kazanlardır.

Şekil 4.14 : Anma Isı Gücünde Ve Kısmi Yükteki (%30) Avrupa Topluluğu Standartalarında Minimum Verimler



Düşük sıcaklık veya yoğuşmalı kazanının CE işareti alabilmesi için, anma gücünde ve kısmi yükte (% 30 yükte) istenen minimum verimleri sağlaması gerekmektedir. % 100 yükteki verim değeri, kazanın anma ısı gücünde kesintisiz ve sürekli işletme durumunu karakterize etmesi nedeniyle, daha çok teorik bir değer niteliğindedir. Böyle bir işletme durumu, sadece yılda birkaç gün, en soğuk dış hava sıcaklığı için geçerlidir ve verim değerlendirilmesi için belirleyici değildir. Buna karşılık % 30 yükteki (kısmi yük) verim değeri ise, bir kazanın çalışma ve durma süreçleri de dahil, tipik işletme davranışını dikkate alan bir değerdir. Bu nedenle daha uygun bir karşılaştırma ölçüsüdür. Burada ısı miktarları birbirleriyle karşılaştırıldığından, "verim" kavramı aslında tam doğru olmamaktadır. Tam olarak ifade edilmek istenirse, "kullanma verimi" kavramı daha doğru olur. DİN 4702-T8'e göre ölçülen norm kullanma ısıl verimi, yaklaşık olarak % 30 yükteki Avrupa Topluluğu Verimi'ne eşittir.

4.4.1 NORM KULLANIM ISI VERİMİ

Günümüzde kazan sistemlerinin enerjiden faydalanma derecelerini kanıtlamak için birçok karşılaştırma tanım sayısı kullanılmaktadır. Ancak enerjiden faydalanmayı irdelemede, tanım sayısı olarak norm kullanma ısıl veriminin seçilmesi en doğru yöntemdir. Norm kullanma ısıl verimi tanıma göre bir yıl içinde, ısıtma sistemine verilen ısı miktarının kazana yakıt ile verilen ısı miktarına oranıdır. Norm kullanma ısıl verimi, özgül kullanıcı davranışına bağlı olarak, özel bir ısıtma sisteminin enerjiden faydalanma derecesi hakkında bilgi vermektedir. Norm kullanma ısri veriminin belirlenmesindeki şartlar, sistem hakkındaki kesin bilgi ve kullanıcı davranışlarıdır.

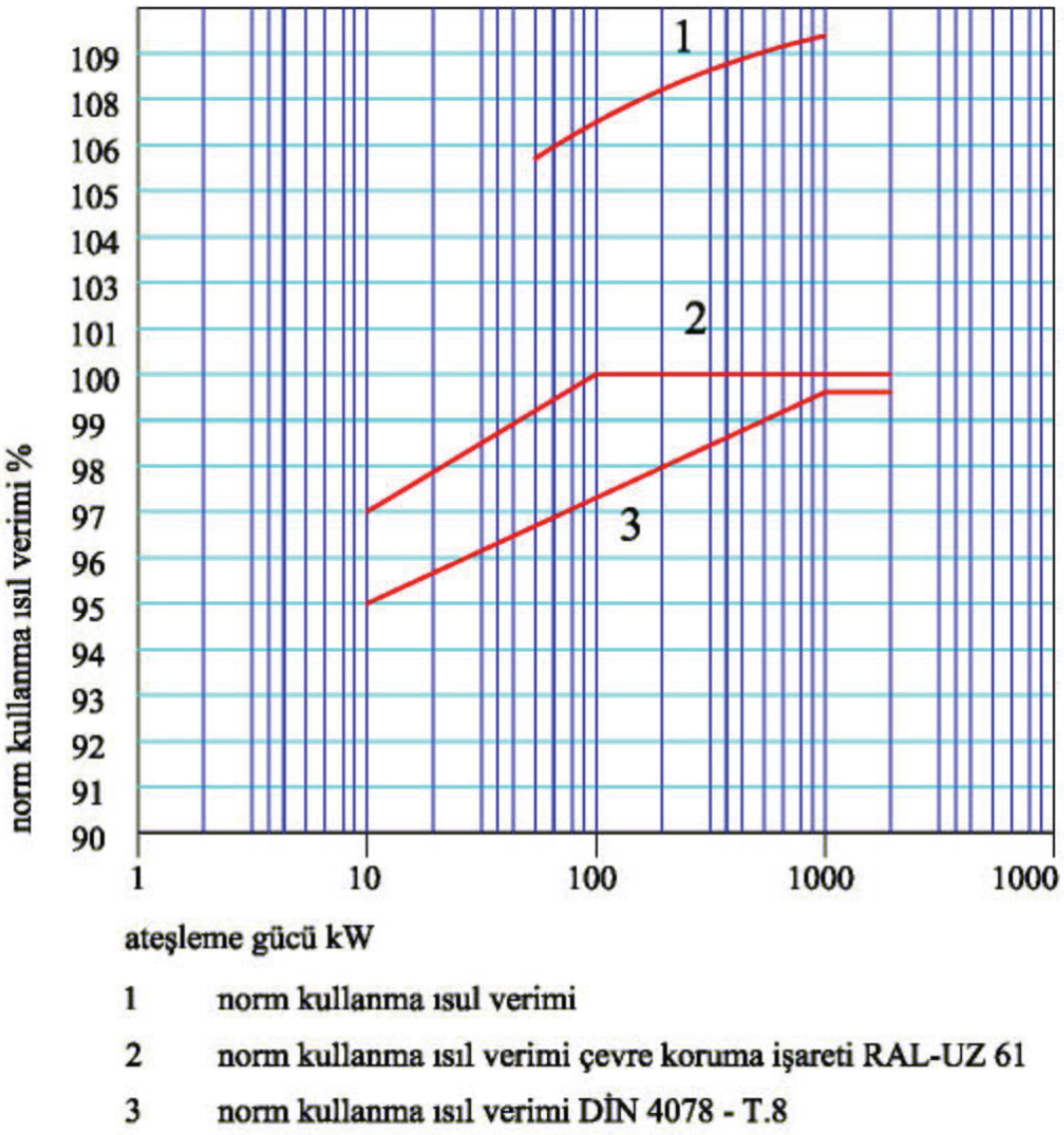
Çeşitli kazanları enerjiden faydalanmaları bakımından karşılaştırabilmek amacıyla DİN 4702-T8'e göre norm kullanma ısıl verimi tanımlanmıştır. Bir kazanın norm kullanma ısıl verimi özellikle kazan suyu sıcaklığına ve kazan yüküne bağlı, tüm kayıplarını (baca gazı kaybı, radyasyon ve durma kaybı) içermektedir.

Beş yük durumunda kısmi yük kullanma ısıl verimleri ölçülmektedir. Her yük durumu için gidiş ve dönüş tasarım sıcaklıkları 75/60 °C ve 40/30°C olarak belirlenmiştir. Beş kısmi yük kullanma ısıl verimi ile norm kullanma ısıl verimi hesaplanmaktadır. Norm kullanma ısıl verimi testi bir ısıtma sisteminin sene içindeki tipik işletme tarzına karşılık gelmektedir.

Bu karşılaştırma DİN 4702-T8'deki ısıtma tekniği bakımından istenenlere ve çevre koruma işareti "Mavi Melek" verilme talimatlarına da yoğuşmalı kazanları içinde eklenmiştir. Aşağıda 75/60°C tasarım sıcaklıkları için belirlenmiş mimimum kullanma ısıl verimleri ve bununla karşılaştırma için DİN 4702-T8'e göre ölçülmüş değerleri gösterilmiştir.

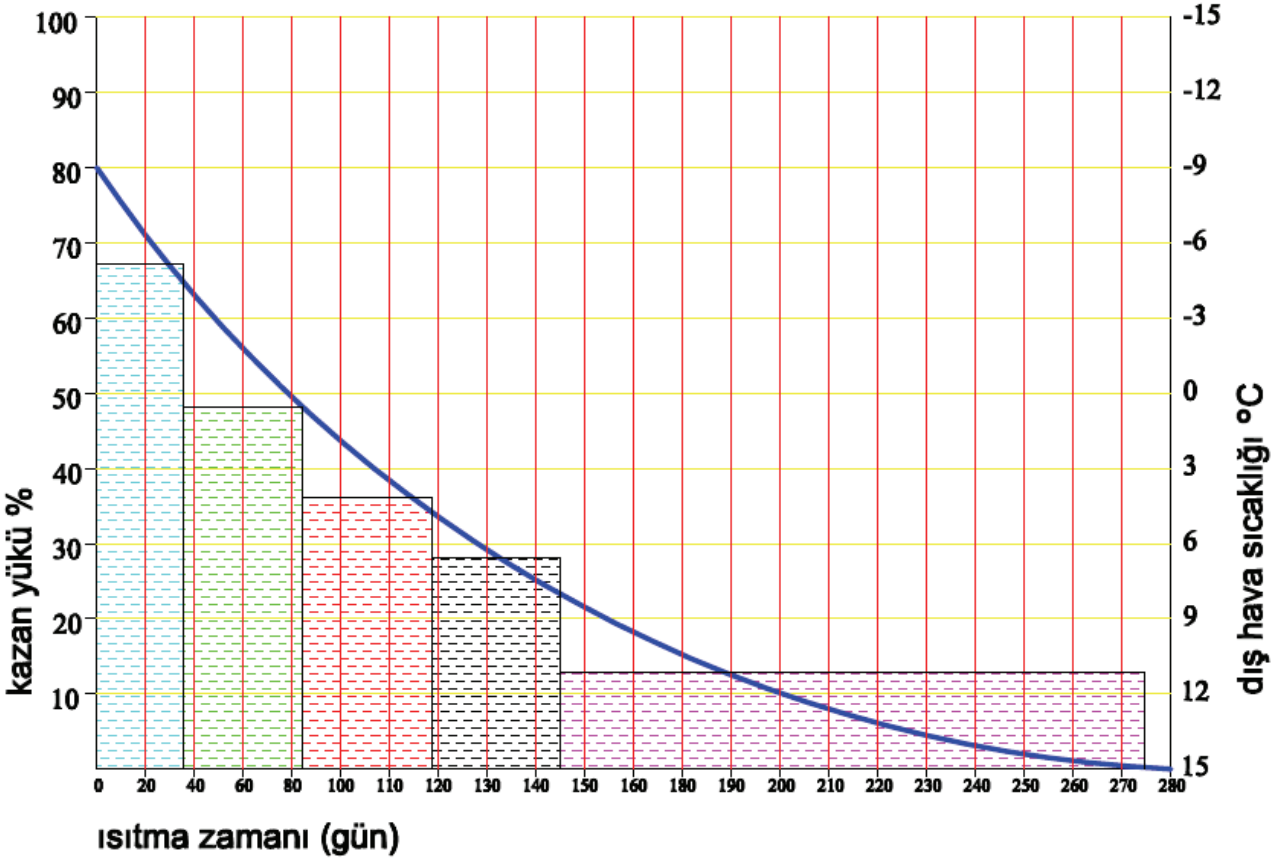
DİN'e göre, norm kullanma ısıl verimi, 75/60 °C tasarım sıcaklıkları için 10 kWh değerinde bir ısı yükünde minimum % 99,5 olmalıdır. Yoğuşma suyu oluşturan kazanın daha yüksek olan norm kullanma ısıl verimi, çapraz geçişli preslenmiş parçalardan oluşan düşey yerleştirilmiş, yüksek etkinlikteki çapraz ısıtma yüzeyleri ile ilişkilidir.

Şekil 4.15 : Norm Kullanım Isıl Verimi (75/60 °C'lik ısıtma sistem sıcaklıklarında)



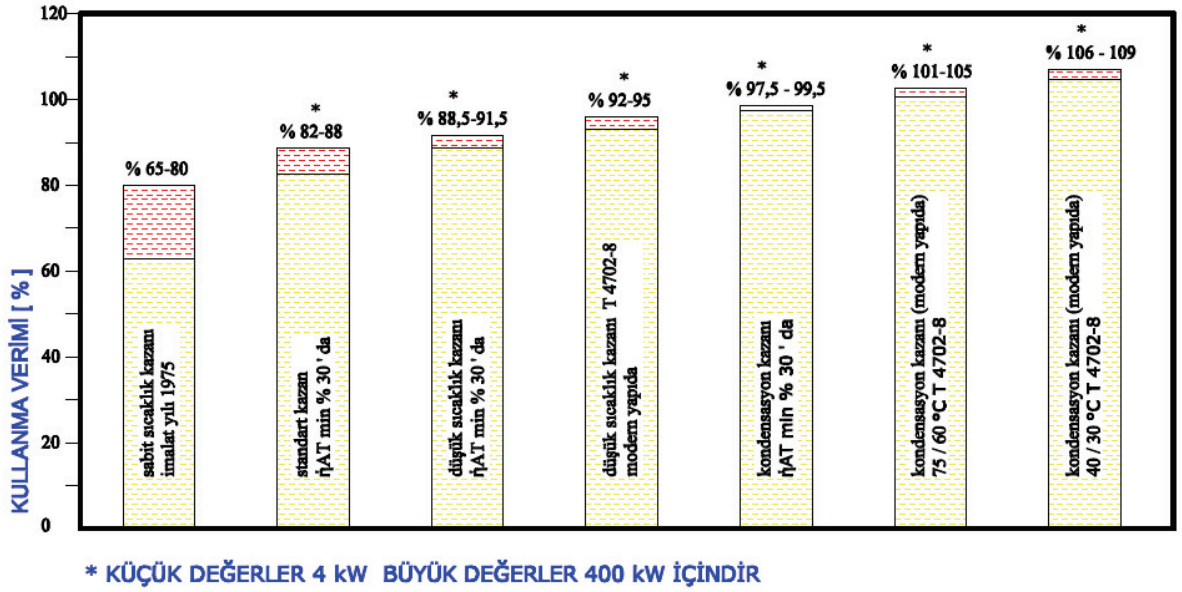
DIN 4702-T8'deki ölçme yönteminde kısmı yükteki kullanma verimleri, standart bir test programı temel alınarak, önceden belirlenmiş yük değerlerinde ölçülebilmektedir. Bu yöntemle ölçülen beş adet kısmi yük kullanma verimi değerlerinden de, norm kullanma ısıl verimi hesaplanmaktadır. Böylece, farklı kazan tiplerinin birbirleriyle karşılaştınlabilmelerine olanak sağlayacak bir verim değeri tanımlanmış olmaktadır. Grafik 11 'de yoğuma suyu oluşturan bir kazan örnek alınarak , DİN 4702-T8'e göre belirlenmiş olan ısıtma devresi yükü ve ısı taşıyıcı akışkan sıcaklıkları verileri temel alınarak ölçülen kısmi yük kullanma verimlerinden, norm kullanma ısıl veriminin nasıl hesaplanacağı gösterilmiştir. Grafik 36 'da ayrıca, % 30 yükteki istenen minimum verimlere, modern düşük sıcaklık ve yoğuşmalı kazanların norm kullanma ısıl verimleri de ilave edilmiştir. Bu değerlerin Avrupa topluluğu standartlarına göre istenen minimum verimlerin oldukça üzerinde olduğu görülmektedir.

Şekil 4.16: DIN 4702-T8 Göre Yük Değişimi



Verim Direktifi'ne göre CE işareti verilmesi, gerçek enerji kullanımı hakkında tek başına bir fikir veremez. Burada belirleyici olan norm kullanma ısıl verimlerinin karşılaştırılmasıdır. Verim Direktifi'nin geçerlilik alanına dahil olmayan 400 kW'm üzerindeki kazanlarda, 1. BlmSchV (i. Ulusal Emisyon Koruma Talimatı) tarafından norm kullanma ısıl veriminin minimum % 91 olması istenmektedir.

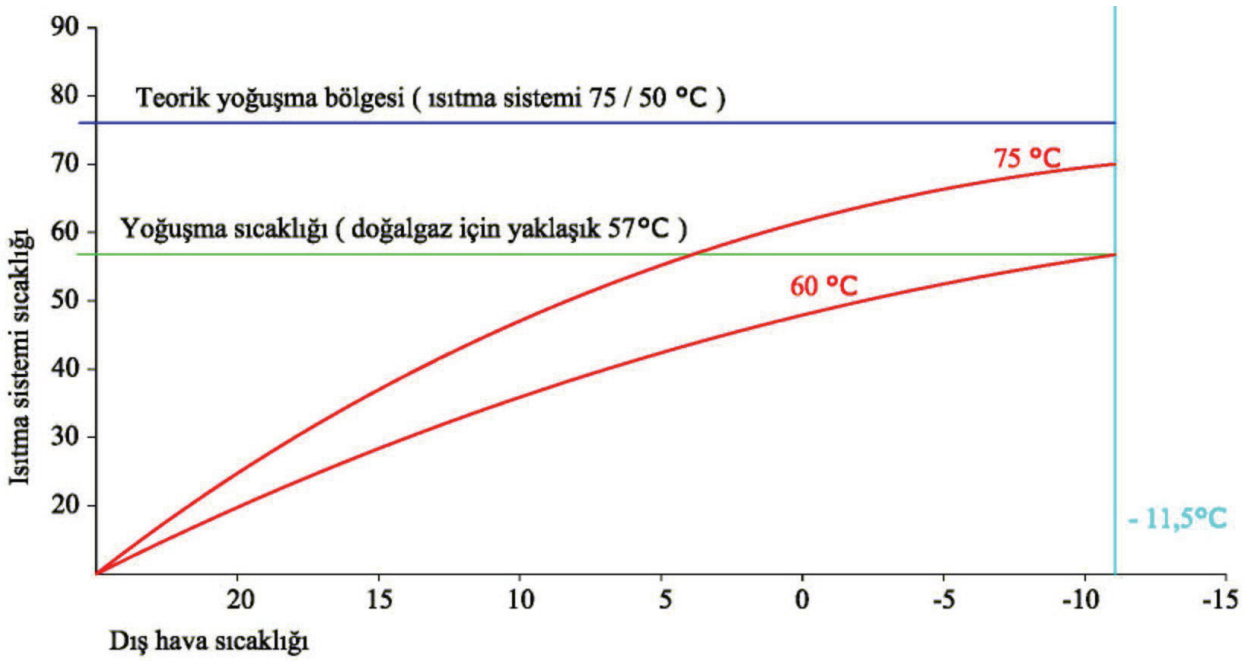
Şekil 4.17 : Farklı Kazan Tiplerinin Kullanım Verimleri



4.4.2 DÖNÜŞ SUYU SICAKLIĞINA BAĞLI OLARAK FARKLI SİSTEMLERİN VERİM ANALİZİ

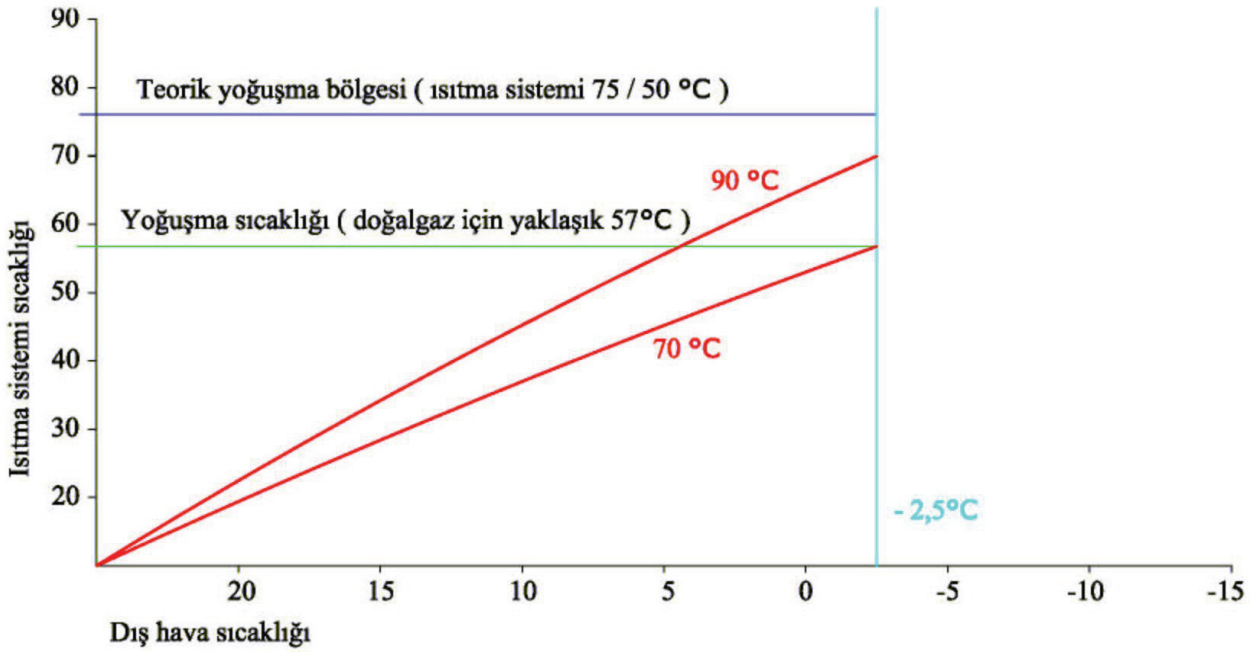
Isıtma sistemi sıcaklıklarının, yoğuşma sulu kazanların üst ısıl değerden efektif olarak faydalanmaya etkisi aşağıdaki şekillerde gösterilıriıştir. 75/60 °C'lik bir ısıtma sistemi dizaynında, yaklaşık -10 °C'den daha yüksek dış hava sıcaklıklarında ısıtma su dönüş sıcaklığı su buharı yoğuşma (çiğ noktası) sıcaklığının altına düştüğünden, yoğuşma olacağı açıkça görülmektedir.

Şekil 4.18: 75/60 C lik Sistemde Yoğuşma Olayı

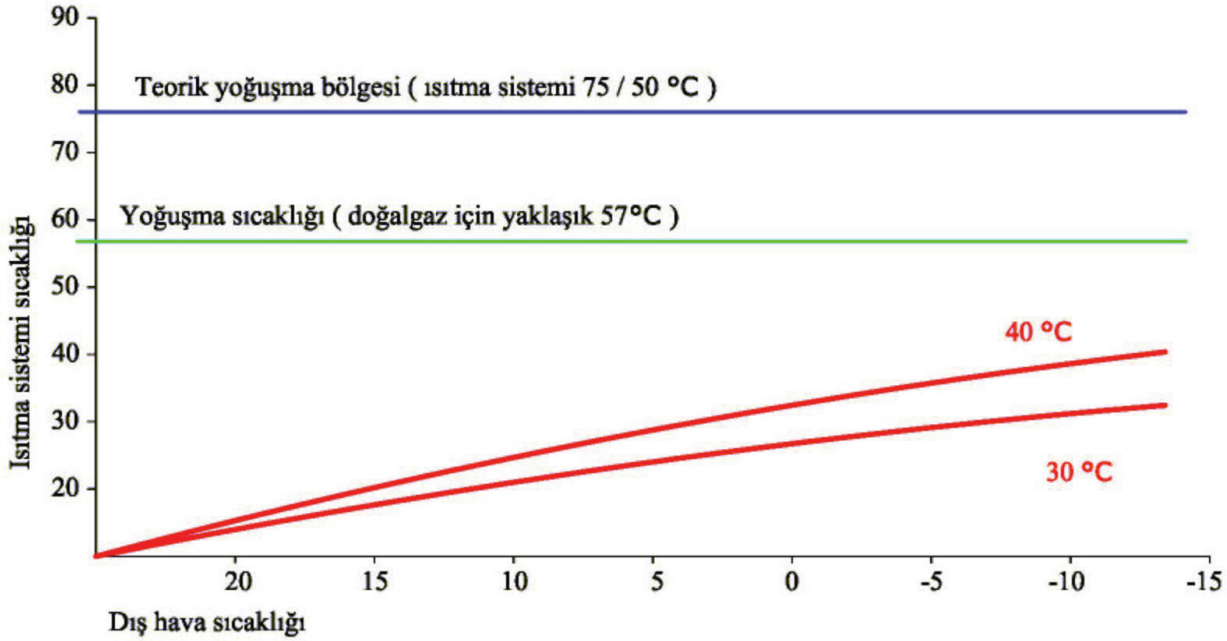


90/70 °Cye göre dizayn edimiş bir sistemde' ise yoğuşma imkanı ancak dış hava sıcaklığının yaklaşık -2 °C'den daha yüksek olması durumunda mevcuttur. İdeal şartlar, örneğin 40/30 °C'ye göre dizayn edilmiş büyük yüzeyli bir ısıtma sistemi tarafından oluşturulmaktadır. Bu durumda tüm sene boyunca yoğuşmalı işletme ve mümkün olan en yüksek kullanma ısıl verimleri elde edilmektedir.

Şekil 4.19: 90 / 70 °C‘lik sistemde yoğuşma olayı



Şekil 4.20: 40 / 30 °C’lik sistemde yoğuşma olayı



4 ve 400 kW arası güçlerde kazanlar için tam ve kısmi yüklerde minimum verim değerlerinde çeşitli sınırlamalar bulunmaktadır. Kullanılan yakıtın doğal gaz olduğu kabul edilerek ve atık gaz içerisindeki su buharının enerjisinden faydalanma kriterine göre yani alt ve üst ısıl değer olarak verim değerleri aşağıdaki gibidir.

	Üst ısıl değer	Alt ısıl değer
Klasik kazan	%80	%89
Düsük sıcaklık kazanı	%80-84	%89-93
Yoğusmalı kazan	%90-98	%99-109

Bu durumda alt ısıl değer üzerinden hesaplanan verimler dikkate alınarak bir yıl boyunca kıs

sezonunda çalısan aynı kapasitede bir düsük sıcaklık kazanı ve bir yoğusmalı kazanı birbiriyle karsılastırdığımızda verim artısı nedeniyle yakıt tasarrufunu aşağıdaki gibi bulabiliriz.

	Düşük sıcaklık kazanı	Yoğuşmalı kazan
Tesisat sıcaklığı (°C)	80/60	80/60
Ort. Kazan sıcaklığı (°C)	60	40
Verim (%)	86.50	102.70
Gaz tüketimi (m3/h)	17.6	14.8
Tasarruf oranı (%)		15.50

Bugün yürürlükte olan doğalgaz fiyatlarıyla bir geri ödeme çalısması yaptığımızda yoğuşmalı kazanların diğer klasik kazanlarla aralarındaki fiyat farkını Marmara bölgesi iklim koşullarında 3 yıl içerisinde geri kazandığını görmekteyiz.

Verim dışında çevre kirliliği etkisi bakımından da genel ve özel standartlarda değişiklikler meydana gelmiş ve şartlar gün geçtikçe daha ağır hale getirilmiştir. Bu noktada özellikle atık gazın içerisindeki Azot oksit (NOx) değerlerinin aşağı çekilmesi çevresel faktörler sebebi ile büyük önem kazanmıştır. Azot oksitlerin genel bir ifadesi olan $NOx = NO + NO_2$ Asit yağmurunun (HNO_3) doğrudan sebebi ve "sera etkisi"nin oluşum nedenlerinden biridir. NOx emisyonu yanma olayı ile doğrudan ilişkilidir.

- Yanma havasının % 80 i Azot gazıdır
- Yanma gazının kalitesi NOx emisyonunu etkiler.
- Brülör tasarımı (yanmanın düzenliliği, alev sıcaklığı ve durma-kalkma zamanı) Azotoksit olusumunu etkiler

Türkiye'de de tamamen yukarıda belirttiğimiz zorunluluklar sonucu olmasa da verimlerinin yüksekliği, küçük bir birimde yüksek enerji üretmeleri nedeniyle son derece kompakt yapıları ve en üstün ısınma konforu sağlayabilen gelişmiş kontrol sistemleri ve kolay montaj imkanını veren yapıları nedeniyle talebi oluşmaya başlayan bu cihazlar; küçük daireler için entegre sıcak kullanım suyu da sağlayan yoğuşmalı kombi modelleri, villa ve müstakil evler için daha yüksek kapasiteli harici boyler ile sıcak su veren duvar tipi yoğuşmalı kazanlar ve daha yüksek kapasiteye ihtiyaç duyan ancak yer sorunu olan, apartmanlar ve iş yerleri için birden fazla cihazın sıralı olarak bağlanıp birlikte çalıştığı modüler veya kaskat bağlantı dediğimiz uygulamaları ile ekonomik ve çevre dostu yeni bir ısınma cihazı olarak karşımıza çıkmaktadır.

Yoğuşmalı cihazlarda kullanılan brülörlerin ortak özellikleri,

• Yüksek verimle çalısmaları,

• Genis modülasyon aralıkları,

• Kullanılan gaz cinslerine göre kolay ayarlanmaları,

• Servis ve bakım kolaylığı dikkate alınarak tasarlanmalarıdır.

Bu sistemlerde cihazlar binanın o anki ısınma ihtiyacına göre gerekli ısıyı en verimli şekilde üretip, böylece hem yakıt ekonomisi hem de sürekli sağlanan yanma ile dur-kalk işletmesi olarak adlandırılan çalışma tarzından kurtulmuş temiz bir yanma elde etmektedir. Yanma için en önemli iki unsurun yakıt ve hava olması nedeniyle bir brülörden binanın o anki ısı gereksinimine uygun yanmanın elde edilebilmesi iyi bir elektronik algılama ve kontrol sistemi ile beraber brülöre gelen hava ve gazın ayrı kontrol edilmesi, tam bir modülasyon için önem kazanmaktadır. Gaz ve içeriye püskürtülen havanın brülörden çıkmadan önce karışmasıyla "ön karışım" sağlanır ve bu karışım yanma odasında yakılır. Yanan gazlar brülörün altında bulunan ve klasik kazanlardan daha büyük alanlı olarak tasarlanan ısı değiştiricilerde üzerlerindeki ısıyı taşıyıcı akışkana yani suya verir ve ısı değiştiricinin alt kısmında iyice soğuyup yoğuşma gizli ısısını da bırakarak kazanı terk eder. Sistemin en önemli iki elemanı fan ve gaz valfıdır. Değişken hızlı fan, gerekli devir sayısını sağlayan sinyali, dış hava sıcaklığını referans alan ve yanma için gerekli hava miktarını sağlayacak optimum fan devir sayısını hesaplayan elektronik regülasyon sisteminden alır. Sinyal ısıtılacak mahalin o anki hava koşullarında ısınabilmesi için gerekli ısıyı temin edecek yanmayı sağlayacak hava miktarına göre fan devrini ayarlar.

Sistemdeki gaz valfı binanın ısı ihtiyacına göre gerekli olan gaz miktarını temin eder. Bu islemi fan tarafından basılan besleme havasının basıncını referans alarak yapmaktadır. Bu işlemler ile cihazın ısıtacağı binanın ısı ihtiyacına uygun gaz ve yanma havası sağlanmış olur ve

atmosferik brülörlü kazanlardan çok daha iyi yanma verimi ve düşük atık gaz emisyon değerleri elde edilmiş olur. Buna ilave olarak fanın diğer bir etkisi de klasik kazanlara göre daha soğuk olan atık gazların itilerek kazandan emniyetli bir şekilde atılmalarının sağlanmasıdır. Yanmanın meydana geldiği brülör bu tip kazanlar için özel olarak tasarlanmış geniş yanma yüzeyli brülörlerdir. Brülör yüzeyinin geniş olarak tasarlanmasının amacı alevi daha yaygın olarak oluşturarak sıcaklığının azaltılması ve atık gaz içerisinde sıcaklığa bağlı olarak artan zararlı emisyonların en aza indirilmesinin sağlanmasıdır.

Burada fan tarafından sağlanan hava brülörün dış kamarasına girer ve kamaranın şeklinden kaynaklanan bir dönme hareketi kazanır. Havanın küçük bir miktarı, brülör ızgarası çevresindeki dairesel çember formundaki delikler üzerinden doğrudan yanma odasına akar. Böylece hem soğutulmuş hem de düzenli hale gelmiş bir alev oluşması sağlanmış olur. Havanın esas önemli kısmı, ön karışım odacığında gaz valfindan gelen gaz ile karşılaşarak karışır ve bu karışım dairesel brülör ızgarasının delikleri üzerinden yanma odasına akarak düzgün bir alevle yanar. Bunun sonucu olarak ön karışımlı brülörlerde (premix yanma teknolojisinde);

- Çok kısa alev boyu, hava ve gaz %100 oranında brülör öncesi karışır. Alev brülör yüzeyine çok yakındır yani brülör, alevi soğutur.
- Çok sessiz yanma prosesi sağlanır.
- Geniş modülasyon aralığı elde edilir.

Bunun önemi; kazanlardaki kaybın önemli bir kısmı ve atık gaz emisyonlarının en kötü olduğu durumlar brülörün durma-kalkma zamanlarıdır. Isıtılacak mahalin o anki ısı ihtiyacına uygun olarak brülör gücünün sürekli olarak ayarlanması sayesinde brülörün dur-kalk çalışması engellenmektedir. Güç uyumu veya modülasyon denilen bu özellik ile, ısınma konforu

artırılarak sistemin kayıpları minimize edilmekte, zararlı emisyonlar en aza indirilmektedir. Modülasyon için gerekli elektriksel sinyal dış hava ve oda sıcaklığına göre cihazın elektronik kumanda sistemi tarafından sağlanmaktadır. Yoğuşmalı kombilerde üretilen ısıdan en yüksek faydanın sağlanması şu şekilde olmaktadır. Yoğuşmalı kombilerde yanma sonrası açığa çıkan enerji üç ayrı formda gözükür:

1-)Isı ısınımı

2-)Yanma gazlarının hissedilen sıcaklığı

3-)Atık gazın içindeki su buharına bağlı

Yanma odaları genel olarak döküm alüminyum veya paslanmaz çelik olarak üretilen bu kazanlarda yanma odası içinde dolaşan su, yanma alevinin ısı ışınımını ve yanma gazlarının hissedilir sıcaklığının bir kısmını almaktadır. Ayrıca yanma gazları kazan gövdesindeki lamelli paslanmaz çelik veya alüminyum boruların etrafından geçerek üzerlerindeki hissedilir ısıyı suya transfer eder. Klasik kombilerde daha büyük yüzey alanlı yapılan bu ısı değiştiriciler yanma gazlarındaki hissedilir ısının daha iyi transfer edilmesini sağlarlar. Hissedilir ısısının büyük bir kısmını veren ve soğuyan yanma gazları, kombinin alt tarafında ısıtma tesisatı dönüş suyunun girdiği soğuk bölgedeki ısı değistiricilere temas ettiğinde içindeki su buharının yoğuşması sağlanır. Bu şekilde yanma gazının içindeki su buharının yoğuşması ile su buharının içindeki gizli ısı da transfer edilmiş olur.

Gaz veya sıvı yakıtla çalışan klasik kazan veya kombi cihazlarında korozyon tehlikesi nedeniyle yoğuşmanın oluşması engellenmiştir.Yoğuşmalı cihazlarda ise yoğuşma istenilen bir durum olduğundan kazanlarda buna uygun malzeme kullanılması zorunludur.

Bu amaca uygun en uygun malzeme olarak paslanmaz çelik veya özel silisyum alaşımlı alüminyum döküm kullanılmaktadır. Yoğuşma olayının meydana gelebilmesi için kombiye geri dönen suyun sıcaklığının 50°C'ın altında olması gereklidir. Bu tip kazanlarda geçerli olan

en önemli kural, dönüş sıcaklığı ya da tesisat sıcaklığı ne kadar düşükse, ısı transferi de o kadar büyük ve kazanın verimi yüksektir.

Bu nedenle kazanın uzun süre ve düşük sıcaklıkta çalışacak şekilde tesisat tasarımı çok önem kazanmaktadır. Yoğuşma sonrası oluşan sıvının PH değeri 3,5-4,5 civarındadır. Limon suyunun 2,5 veya sirkenin 3 PH değerinde olduğu dikkate alınırsa yoğuşma sıvısı bunlardan daha az asidiktir ve evsel kanalizasyona atılabilir. Genelde evsel atık su sistemi bazik karakterli olduğundan yoğuşma sıvısının nötürleşmesine yardımcı olur. Ancak atık su sisteminin PVC gibi korozyona dayanıklı malzemeden yapılması önemlidir. Buna göre aşağıdaki kabuller yapılabilir;

- Yüksek sıcaklıklar ile işletilmek zorunda olan sistemler de, yoğuşma teknolojisine sahip kazanlanlarla sağlanabilen üst ısıl değerden faydalanmaya uygundur. Bunların su dönüş sıcaklıkları geniş bir dış hava sıcaklık bölgesinde su buharı yoğuşma sıcaklığının altında bulunmaktadır.
- Isıtma su dönüş sıcaklıkları mümkün olduğunca düşük sıcaklıklarla yoğuşma teknolojisine sahip kazanlara doğrudan sokulabilmektedir. Dönüş suyu sıcaklığını yükselten önlemler uygulanmamalıdır.
- Kazan suyu, düşük sıcaklık kazanlarının aksine, yoğuşma teknolojisine sahip kazanın yanma sonu gazları ile ters akım prensibi oluşturacak şekilde sokulmaktadır. Yani ısıtma dönüş suyu, yoğuşma teknolojisine sahip kazanın duman gazlarının çıktığı kısımdan girmektedir.

4.5.1 ÜST ISIL DEĞERDEN FAYDALANMANIN ESASLARI

Fosil yakıtların yanma reaksiyonu sonunda oluşan yanma sonu ürünleri içinde su buharı da oluşmaktadır. Baca (duman) gazları içinde bulunan bu su buharı büyük bir enerjiye sahiptir, çünkü kg su başına buharlaşma ısısı 539 kcal (0,63 kWh) tutarındadır. Bu gizli ısı, daha önceleri kazanda faydalanılamadan baca yoluyla atmosfere atılmaktaydı. Baca gazlarının doğal çekiş ile yani daha önceleri alışılmış 160°C den daha yüksek baca gazı ile normal ev bacaları tarafından emniyetle atmosfere atılması mecburiyeti ve çiğ noktasının altındaki sıcaklıklarda oluşan yoğuşma suyunun sebebiyet verdiği baca tahribatlarının önlenmesi ile ilgili talepler su buharının yoğuşturulmasıyla elde edilen gizli ısıdan faydalanmayı engelliyordu,

Bugüne kadar kullanılan kazanlarda yakıtın üst ısıl değerinden faydalanılamadığından bunların verimleri daima alt ısıl değere göre veriliyordu. Baca gazı içinde bulunan su buharının enerjisinden faydalanma sadece yoğuşma suyu ile sağlanabilmektedir. Bunun için baca gazlarının, su buharının çiğ noktasının altına soğutulması gerekmektedir. Bu durumda üst ısıl değerden faydalanm söz konusudur. Çizelge 4.5'te çeşitli yakıtlann karakteristik özellikleri verilmiştir. Çizelge 4.5'te görüldüğü gibi üst ısıl değerin alt ısıl değere oranı doğal gazda 1,11, motorinde 1,06 dır. Doğal gazda motorine göre daha uygun Ho /H_u oranının ve yüksek özgül yoğuşma suyunun miktarının bulunması nedeniyle üst ısıl değer tekniği doğalgaz yakılmasında özellikle efektif olarak kullanılabilmektedir.

Çizelge 4.6 : Çeşitli Gaz Ve Sıvı Yakıtların Karakteristik Özellikleri

		Gaz yakıt				Motorin
		Doğal Gaz		Sıvılaştırılmış Gazlar		
		L	H	Propan	Bütan	
Üst Isıl Değer kWh/m^3	**H_0**	10,30	12,18	28,11	37,17	12,61
Alt Isıl Değer kWh/m^3	**H_u**	9,30	11,02	25,88	34,32	11,86
Oran	**Ho/H_u**	1,11	1,11	1,09	1,08	1,06
Baca gazı çiğ noktası	**°C**	56,4	56,2	52,9	52,2	47
Özgül yoğuşma suyu miktarı kg/ kWh	**m_k**	0,16	0,16	0,13	0,12	0,09

- 0 °C, hava fazlalık katsayısı 1,2 ve hava bağıl nemi % 50'de
- max,özgül yoğuşma suyu miktarı, kg/kWh (H_u'ya göre)
- motorin ısıl değeri kWh/kg birimine sahiptir.

4.5.1.2 ÜST ISIL DEĞERDEN EFEKTİF OLARAK FAYDALANMAK İÇİN ETKİLİ OLAN FAKTÖRLER

Bir kombinin baca gazlarında bulunan su buharı içindeki yoğuşma suyu ısısından hangi oranda faydalanılabileceği herşeyden önce sıcak sulu ısıtma sistemindeki su sıcaklığına bağlıdır. Kombiye dönen su ne kadar soğuksa baca gazlarından o kadar fazla ısı çekilebilmektedir ve üst ısıl değerden faydalanma da o kadar büyük olmaktadır,

Baca gazı ve su dönüş sıcaklığının yoğuşan su buharı miktarına ve bununla da verime etkisi görülmektedir. Örneğin 50 °C'lik baca gazı sıcaklığında verim % 90 (Ho ,üst ısıl değere göre) ve yoğuşma suyu miktarı yaklaşık olarak 280 g/m^3 civarında çıkmaktadır. Yoğuşma teknolojisine sahip kombilerin verimleri veya kullanma ısıl verimleri 40/30 °C'lik su ısıtma sıcaklığında genelde % 90'ın üzerindedir

Üst ısıl değerden faydalanmada baca gazının su buharı çiğ noktası sıcaklığının önemi büyüktür. Çiğ noktası sıcaklığı ne kadar yüksek ise, üst ısıl değerden faydalanma imkanı o kadar artmaktadır. Yoğuşma teknolojisene sahip kombilerin işletmede ısıtma suyu sıcaklıkları da o kadar yüksek olmaktadır.

Örneğin % 10,5'luk bir CO_2 miktarında çiğ noktası sıcaklığı motorinde yaklaşık 42 °C, doğal gazda ise 56 °C'dir. Dönüş suyu sıcaklığı ile baca gazı sıcaklığı arasında 10 °C 'lik fark olduğu varsayılan bir kazanda su buharının yoğuşma suyu sıvı yakıtta 32 °C'lik, gaz yakıtta ise 46 °C'lik su dönüş sıcaklığında başlamaktadır. Bu durum, bugün uygulamadaki tamamen gaz yakıtlı yoğuşma sulu kazanlarında görülmesinin ve sıvı yakıtlı yoğuşma sulu kazanların da çok az kullanılmasının bir diğer nedenidir. Su buharının çiğ noktası öncelikle yanmadaki hava fazlalığı tarafından etkilenmektedir. çeşitli hava fazlalık katsayılarındaki çiğ noktaları göstermektedir. Mümkün olduğunca yüksek çiğ noktası sıcaklıklarına ulaşmak ve böylelikle üst ısıl değerden yüksek su dönüş sıcaklıklarında da faydalanılmasını sağlamak için mümkün mertebe düşük hava fazlalık katsayılı brülörlerin kullanılmasının gerektiği açıkça ortaya çıkarmaktadır. Hava fazlalığı ne kadar düşük ise CO_2 miktarı ve bununla da baca gazlarının su buharı çiğ noktası sıcaklığı o kadar yüksek, üst ısıl değerden faydalanma bölgesi de o kadar geniş olmaktadır.

4.5.1.3 ÜST ISIL DEĞER TEKNİĞİNİN UYGULAMA NEDENLERİ

Isıtma sistemlerinin yapımında üst ısıl değer tekniğinin uygulanması ile ilgili olarak iki önemli neden mevcuttur:

1) Hacim ısıtma ve sıcak su temini ile ilgili maliyetlerin azaltılması

2) Zararlı madde emisyonlarının azaltılması ile çevrenin korunması,

Yoğuşma teknolojisine sahip kazanların veriminin, kullanma ısıl veriminin yukarıdaki her iki avantaj için büyük önemi vardır. Gaz yakıtlı yoğuşma teknolojisine sahip kazanların verimleri % 95'in üzerindedir. Bu nedenle gaz yakıtlı kondensasyon kazanları bugün evsel ısı üretimi için enerji ve ekoloji bakımından en uygun çözüm olarak görülebilir. gaz yakıtlı yoğuşma teknolojisine sahip kazanların düşük sıcaklık kazanlarına göre ortalama olarak % 10 ila 15 daha az enerji harcadığı ve ısıtma masraflarını aynı oranda azalttığı tespit edilmiştir. Daha düşük verimlere sahip eski kazanlarla karşılaştırma yapıldığında farkın daha büyük olduğu görülmektedir.

Gaz yakıtlı yoğuşma suyu kazanları ayrıca; daha az enerji harcadıkları ve bununla da CO_2, NO_x ve CO emisyonlarında önemli azalma sağladıkları için ve bu cihazlarda kullanılan modern yanma sistemleri NO_x ve CO emisyonlarını daha da azalttığı için, çevrenin korunmasına önemli bir katkıda bulunmaktadır. Aynı amaca hizmet eden ürünler arasında özellikle çevre dostu olanların belirlenebilmesi için, Alman çevre dairesi tarafından uygulanan testten sonra RAL (Alman Kalite Güvence Enstitüsü) tarafından verilen çevre koruma işareti "Blauer Engel" oluşturulmuştur. Temmuz 1990'dan beri "düşük emisyonlu ve enerji tasarruflu" gaz yakıtlı yoğuşma teknolojisine sahip kazanlar için de bir çevre koruma işareti (RAL-UZ 61) mevcuttur.

Gaz yakıtlı yoğuşma teknolojisine sahip kazanlar çevre koruma işaretine sahip olabilmek için, gaz yakıtlı yoğuşma teknolojisine sahip kazanlar ile ilgili cihaz standartı olan ‘’DİN 4702 T-8’’'ya tam olarak uygun olmanın yanı sıra verim ve emisyon bakımından oldukça sıkı (katı) talepleri de sağlamak zorundadır. Çevre koruma işaretinin kondensasyon kazanları ile ilgili emisyon talepleri, evsel yakma sistemleri için günümüzdeki katı emisyon sorumluluğunu oluşturmaktadır. Sınır değerler; azot oksitler (NO_x) için 60 mg/kWh (34 PPM) ve karbonmonoksit (CO) için 50 mg/kWh (46 PPM) tir. Bu kazanların çoğu değişik konstrüksiyonlara sahip, gaz yakıtlı konvansiyonel kazanlarda görülen emisyonları oldukça azaltan modern ön karışımlı brülörlerle işletilmektedir. Gaz yakıtlı yoğuşma teknolojisine sahip kazanlarda oluşan suyun PH değeri 3,5-4,5 değerleri arasındadır.

4.6.1 DOĞALGAZIN KİMYASAL YANMA REAKSİYONLARI

Hesaplamalarda kullanılacak değerler , P =101,325 kPa ; T= 15 °C olarak tanımlanan standart şartlar'daki değerler olacağından, bu değerlere bağlı olarak bazı gazlara ait ideal gaz denklemi kullanılarak gazların standart şartlardaki mol hacimleri hesaplanır.

$P.\overline{V} = \overline{M}.R.T$ ise $\overline{V} = \frac{R.T}{P}$

$P.V = n.\overline{R}.T$

$\overline{V} = \frac{\overline{M}.R.288{,}15}{101{,}325}\ \frac{m^3}{kmol}$

Bir maddenin kimyasal yapısının değişimi sonucunda açığa çıkan enerji kimyasal enerji olarak adlandırılır. Bir kimyasal reaksiyndaki enerji değişimi, ısı enerjisi şeklinde olursa buna ‘’reaksiyon ısısı’’ denir. Yanma reaksiyonlarında ısı açığa çıkar.

Bazı durumlarda reaksiyonun gerçekleşmesi için dışarıdan ısı verilmesi gerekir. Bu tür reaksiyonlar esnasında ısı absorbe edilir. Bir yakıtın yanma reaksiyonunda herbir karbon atomu bir çift atomlu oksijenle birleşerek karbondioksiti ve çift atomlu hidrojen bir çift atomlu oksijenle birleşerek iki su molekülünü oluşturur. Buna göre $C_n H_m$ Şeklinde gösterilen bir hidrokarbonun kuru hava ile yanma reaksiyonu denklemi; Havada 1 mol oksijene 3,76 mol azot karşılık gelmesi de dikkate alınarak,

$$\mathbf{1\ mol}\ C_n H_m + (n+\frac{m}{4})\left[O_2 + 3{,}76 N_2\right] \Rightarrow n\ \mathbf{mol}\ CO_2 + \frac{m}{2}\ H_2O + (n+\frac{m}{4})\ \mathbf{3{,}76}\ N_2$$

Aşağıda değişik yakıtların saf oksijen ile yanma reaksiyon denklemlerinin kısmi bir listesi verilmiştir.

Çizelge 4.7 : Doğal Gaz ın Yanması sonucu Oluşan Gazlara Ait Fiziksel Büyüklükler

Gaz	**Mol kütlesi,** $\overline{M}$ **kg/kmol**	**Gaz sabiti, *R* kJ/kg K**	**Mol hacmi** $\overline{V}$ cm^3 **/kmol**
CO_2	44,0098	0,188920	23,644457
CO	28,0104	0,296830	23,644444
H_2O	18,0152	0,461520	23,644581
N_2O	28,0134	0,296800	23,644587
O_2	31,9988	0,259830	23,644220
CH_4	16,0426	0,518350	23,648297
C_2H_6	30,0694	0,276500	23,644052
C_3H_8	44,0962	0,188550	23,644477
C_4H_{10}	58,1230	0,143040	23,643270

λ Hava fazlalık katsayısı

X Yakıtın tam yanan kısmının oranı

c Yakıt içindeki C miktarı

h Yakıt içindeki H_2 miktarı

s Yakıt içindeki kükürt miktarı (burada 0 alınacak)

$r_{C_xH_y}$ C_xH_y gazının yakıt içindeki hacimsel oranı

$\overline{V}_{C_xH_y}$ Gazının moleküler hacmi (m^3 / kmol)

$\overline{M}_{C_xH_y}$ Ggazının moleküler kütlesi (kg / kmol)

f Birim miktardaki yakma havası içerisinde, standart şartlarda (15° C , 101,325 kPa) bulunan su buharı miktarı (m^3 / m^3)

Hesaplamalarda tablo 11 deki hacimsel analiz içeriği verilen doğal gaz dikkate alınmıştır.

Çizelge 4.8: Doğal Gazın Resmi Hacimsel Oranları

Bileşenleri	**Kimyasal Formülü**	**Hacimsel oranı**
Metan	CH_4	% 98,52
Etan	C_2H_6	% 0,41
Propan	C_3H_8	%0,14
Bütan	C_4H_{10}	% 0,06
Ağır Hidrokarbonlar		%0,03
Karbondioksit	CO_2	% 0,03
Azot	N_2	% 0,81

Yakma havası içindeki gazların hacimsel oranları

$r_{N_{2hava}}$ **: 0,7805**

$r_{O_{2hava}}$ **: 0,2095**

$r_{CO_{2hava}}$ **: 0,0004**

$r_{D_{2hava}}$ **: 0,0096** hava içerisindeki diğer gazların oranı

15 °C ‘ deki Kuru Havanın Yoğunluğu ;

Hesaplamalarda hava içerisindeki diğer gazların oranı ihmal edilecektir.

$$\rho_{kh} = {}_v r_{N_2} \cdot \frac{\overline{M}_{N_2}}{\overline{V}_{N_2}} + {}_v r_{O_2} \cdot \frac{\overline{M}_{O_2}}{\overline{V}_{O_2}} + {}_v r_{CO_2} \cdot \frac{\overline{M}_{CO_2}}{\overline{V}_{CO_2}}$$

$$= 0{,}7805 \cdot \frac{28{,}0134}{23{,}644} + 0{,}2905 \cdot \frac{31{,}9988}{23{,}644} + 0{,}7805 \cdot \frac{44{,}0098}{23{,}644} = 1{,}209852 \ \frac{kg_{kuruhava}}{m_{kuruhava}^3}$$

f **değerinin hesaplanması :**

P_x = 12,78142 torr φ = 0,588725 760 torr = 760 mmHg = 1 atm = 101,325 kPa

P_x = 1,70404 kPa

$$f = \frac{P_b}{P_h} = \frac{\varphi . P_s}{P - P_s} = \frac{0{,}588725 . 1{,}70404}{101{,}325 - 1{,}70404} = \mathbf{0{,}01} \ \frac{m_{H_2O}^3}{m_{kh}^3}$$

4.6.2 DOĞALGAZ'IN GENEL YANMA DENKLEMİ

$$V_{doğo\,lgaz} = \left[\left(\Sigma \frac{c.r_{C_xH_y}}{\overline{V}_{C_xH_y}} . \overline{V}_{CO_2} . X \right) + \left(r_{CO_{2_h}} . \lambda . {}_t L_{\min_{kh}} \right) \right] + \left[\Sigma \frac{c.r_{C_xH_y}}{\overline{V}_{C_xH_y}} . \overline{V}_{CO} . \left(1 - X \right) \right] +$$

$$\left[\left(\Sigma \frac{h.r_{C_xH_y}}{\overline{V}_{C_xH_y}} . \overline{V}_{H_2O} \right) + \left(r_{H_2O_y} \right) + \left(f . \lambda . L_{\min_{kh}} \right) \right] + \left[\left(\Sigma \frac{s.r_{C_xH_y}}{\overline{V}_{C_xH_y}} . \overline{V}_{SO_2} \right) \right] +$$

$$\left[\left(\Sigma \frac{r_{N_2}}{\overline{V}_{C_xH_y}} . \overline{V}_{N_2} \right) + \left(r_{N_{2h}} \right) + \left(\lambda . {}_t L_{\min_{kh}} \right) \right] + \left[r_{Dh} . \lambda . {}_t L_{\min_{kh}} \right] +$$

$$\left[\left({}_t O_{\min_{kh}} - {}_y O_{\min_{kh}} \right) . \left(1 - X \right) + r_{O_{2h}} . \left(\lambda - 1 \right) . {}_t L_{\min_{kh}} \right]$$

Yukarıdaki genel yanma denkleminde köşeli parantezler içerisindeki değerler sırasıyla karbondioksit (CO_2), karbonmonoksit(CO), su (H_2O), kükürtdioksit(SO_2), azot(N_2), hava içerisindeki diğer gazlar ve oksijenin (O_2), duman gazı içerisindeki hacimsel miktarlarını belirtmektedirler.

4.6.2.1 YANMANIN KONTROLÜ

Yanma veriminin sürekli kontrolu ancak çok büyük sistemler için uygun noktalara yerleştirilmiş sondalar yardımı ile sürekli analiz yapma ve takip etme yöntemi ile gerçekleştirilir. Küçük yakma sistemlerinde ise belirli zaman aralıklarında baca gazı analizi yapmak en doğru yöntemdir. Tekil ölçümlerde daha çok ORSAT cihazı gibi kimyasal esaslı gaz analizörleri kullanılır. Sürekli ölçümlerde ise yanma sonu ürünlerinin fiziksel özelliklerine göre çalışan analizörlerin kullanıldığı görülmektedir. CO_2 , O_2 , CO ve aralarındaki fark ile N_2 bileşenlerinin yüzdeleri saptanır. Sürekli veya tekil baca gazı analizlerinde bu bileşenlerden biri veya birkaçı ölçülmektedir. Değerlendirme bu ölçümlere göre yapılmaktadır.

Yanma sonu ürünleri içerisindeki O_2 miktarı, yanma işleminin statüsünün belirlenmesinde önemlidir. Bu bileşenin varlığı yanmaya gereğinden daha fazla hava gönderildiğinin kanıtıdır. Yakma havasının miktarı veya hava fazlalığı, ya doğrudan yakıt ve hava debilerinin ölçümü ile veya çoğu halde komple bir baca gazı analizi ile belirlenebilir. Teorik analiz için baca gazı analiz sonuçları biliniyor ise OSTWALD diyagramı yöntemi ile hava fazlalığının bulunması mümkündür.

4.6.2.2 TAM YANMA DURUMU (hava fazlalık katsayısı $X = 1$; $\lambda = 1$)

Doğalgazın bileşenlerinin saf oksijen ile teorik tam yanma denklemleri aşağıdaki gibidir

Metan $\quad CH_4 + 2\,O_2 \rightarrow CO_2 + 2\,H_2O$

Etan $\quad C_2H_6 + \frac{7}{2}\,O_2 \rightarrow 2\,CO_2 + 3\,H_2O$

Propan $\quad C_3H_8 + 5\,O_2 \rightarrow 3\,CO_2 + 4\,H_2O$

Bütan $\quad C_3H_{10} + \frac{13}{2}\,O_2 \rightarrow 4\,CO_2 + 5\,H_2O$

$$O_{\min} = \left(2\frac{r_{CH_4}}{\overline{V}_{CH_4}} + \frac{7}{2}\frac{r_{C_2H_6}}{\overline{V}_{C_2H_6}} + 5\frac{r_{C_3H_8}}{\overline{V}_{C_3H_8}} + \frac{13}{2}\frac{r_{C_4H_{10}}}{\overline{V}_{C_4H_{10}}} \right) . \overline{V}_{O_2}$$

$$O_{\min} = \left(2\frac{0,9852}{23,648} + \frac{7}{2}\frac{0,004}{23,644} + 5\frac{0,0014}{23,644} + \frac{13}{2}\frac{0,0006}{23,643} \right) . 23,644$$

$O_{\min} = 1,995311 \dfrac{m^3\ O_2}{m_y^{\ 3}}$ bu oksijen miktarının bulunacağı hava miktarı hesap edilmek istenirse

$${}_tL_{\min_{kh}} = \frac{O_{\min}}{0,2095} = \frac{1,995311}{0,2095} = 9,524155\ \frac{m^3\ hava}{m_y^{\ 3}}$$

Genel yanma denklemine göre;

$$V_{doğo\,\lg az} = [\ (\ \frac{0,9852}{23,648} + 2\ \frac{0,0041}{23,644} + 3\frac{0,0014}{23,644} + 4\ \frac{0,0006}{23,643}\ )\ 23,644\ .1 + 0,0004\ .\ 1\ .\ 9,524155\ ] +$$

$$[\ \Sigma \frac{c.r_{C_xH_y}}{\overline{V}_{C_xH_y}} . \overline{V}_{CO} . (\ 1-1\ )\ ] + [\ (\ 2\frac{0,9852}{23,648} + 3\ \frac{0,0041}{23,644} + 4\frac{0,0014}{23,644} + 5\ \frac{0,0006}{23,643}\ )\ 2344.1 + 0 +$$

$$0,01285\ .\ 1\ .\ 9,524155\ ] + [\ (\ \frac{0.r_{C_xH_y}}{\overline{V}_{C_xH_y}} . \overline{V}_{SO_2}\ )\ ] + [\ (\ \frac{0,0081}{23,644} + 23,644 + 0,7805\ .\ 1.$$

$$9,524155\ ] + [\ 0,0096\ .\ 1\ .\ 9,524155\ ] + [\ (\ {}_tO_{\min_{kh}} - {}_yO_{\min_{kh}}\ )\ .\ (\ 1-1\ ) +$$

$$0,2095\ .\ (\ 1-1\ ).9,524155\ ]$$

$$V_{doğo\,\lg az} = 1,00365 + 0 + 2,113314 + 0 + 7,625124 + 0,091432 + 0 = 10,833520\ \frac{m^3\ dgaz}{m_y^{\ 3}}$$

$$k_{\max} = \frac{V_{CO_2}}{V_{\min_{hava}}} = \frac{1,00365}{10,83352 - 2,113314} = 0,115095 = 11,5095\ \%$$

4.6.2.3 YARI YANMA DURUMU (hava fazlalık katsayısı $X = 0$; $\lambda = 1$)

Yarı yanma durumunda gaz bileşenlerinin tamamı yanmaz ve yanma ürünü olarak karbondioksit gazı yerine karbonmonoksit gazı oluşur, duman gazı olarak oluşan karbondioksit yakma havası içerisinde bulunan karbondioksit miktarından oluşmaktadır. Bileşenlerin yarı yanma denklemleri aşağıdaki gibi gerçekleşir.

Metan $\quad CH_4 + \frac{3}{2} O_2 \rightarrow CO + 2\,H_2O$

Etan $\quad C_2H_6 + \frac{5}{2} O_2 \rightarrow 2\,CO + 3\,H_2O$

Propan $\quad C_3H_8 + \frac{7}{2} O_2 \rightarrow 3\,CO + 4\,H_2O$

Bütan $\quad C_3H_{10} + \frac{9}{2} O_2 \rightarrow 4\,CO + 5\,H_2O$

$$O_{\min} = \left(1{,}5 \frac{r_{CH_4}}{\overline{V}_{CH_4}} + 2{,}5 \frac{r_{C_2H_6}}{\overline{V}_{C_2H_6}} + 3{,}5 \frac{r_{C_3H_8}}{\overline{V}_{C_3H_8}} + 4{,}5 \frac{r_{C_4H_{10}}}{\overline{V}_{C_4H_{10}}} \right) . \overline{V}_{O_2}$$

$$O_{\min} = \left(1{,}5 \frac{0{,}9852}{23{,}648} + 2{,}5 \frac{0{,}0041}{23{,}644} + 3{,}5 \frac{0{,}0014}{23{,}644} + 4{,}5 \frac{0{,}006}{23{,}643} \right) . 23{,}644$$

$$O_{\min} = 1{,}495395 \ \frac{m^3\ O_2}{m_y^{\ 3}}$$

$$V_{doğo\,\lg az} = \left[\left(\frac{r_{CH_4}}{\overline{V}_{CH_4}} + 2 \frac{r_{C_2H_6}}{\overline{V}_{C_2H_6}} + 3 \frac{r_{C_3H_8}}{\overline{V}_{C_3H_8}} + 4 \frac{r_{C_4H_{10}}}{\overline{V}_{C_4H_{10}}} \right) . \overline{V}_{O_2} . X + \left(r_{CO_{2_h}} . \lambda . {}_t L_{\min_{kh}} \right) \right] +$$

$$\left[\Sigma \frac{c.r_{C_xH_y}}{\overline{V}_{C_xH_y}} . \overline{V}_{CO} . \left(1\text{-}X \right) \right] + \left[\left(2 \frac{r_{CH_4}}{\overline{V}_{CH_4}} + 3 \frac{r_{C_2H_6}}{\overline{V}_{C_2H_6}} + 4 \frac{r_{C_3H_8}}{\overline{V}_{C_3H_8}} + 5 \frac{r_{C_4H_{10}}}{\overline{V}_{C_4H_{10}}} \right) . \overline{V}_{H_2O} + \right.$$

$$\left. \left(r_{H_2O_y} . f . \lambda . {}_t L_{\min_{kh}} \right) \right] + \left[\left(\frac{s.r_{C_xH_y}}{\overline{V}_{C_xH_y}} . \overline{V}_{SO_2} \right) \right] + \left[\left(\frac{r_{N_2}}{\overline{V}_{N_2}} . \overline{V}_{N_2} \right) + \left(r_{N_{2h}} . \lambda . {}_t L_{\min_{kh}} \right) \right]$$

$$+ \left[r_{Dh} . \lambda . {}_t L_{\min_{kh}} \right] + \left[\left({}_t O_{\min_{kh}} - {}_y O_{\min_{kh}} \right) . \left(1\text{-}X \right) + r_{O_{2h}} . \left(\lambda - 1 \right) . {}_t L_{\min_{kh}} \right]$$

$$V_{doğo\,lgaz} = [\ (\ \frac{0,9852}{23,648} + 2\ \frac{0,0041}{23,644} + 3\frac{0,0014}{23,644} + 4\ \frac{0,0006}{23,643}\ )\ 23,644\ .\ 0\ + 0,0004\ .1.\ 9,524155\ ] +$$

$$[\ \frac{c.r_{C_xH_y}}{\overline{V}_{C_xH_y}} . \overline{V}_{CO} . (\ 1-0\ )\ ] + [\ (\ 2\frac{0,9852}{23,648} + 3\ \frac{0,0041}{23,644} + 4\frac{0,0014}{23,644} + 5\ \frac{0,0006}{23,643}\ )\ 23,644 + 0 +$$

$$0,01285\ .\ 1\ .\ 9,524155\ ] + [\ (\ \frac{0.r_{C_xH_y}}{\overline{V}_{C_xH_y}} . \overline{V}_{SO_2}\ )\ ] + [\ (\ \frac{0,0081}{23,644} + 23,644 + 0,7805\ .\ 1.$$

$$9,524155\ ] + [\ 0,0096\ .\ 1\ .\ 9,524155\ ] + [\ (\ {}_tO_{\min_{kh}} - {}_yO_{\min_{kh}}\ )\ .\ (\ 1-0\ ) +$$

$$0,2095\ .\ (\ 1-1\ ).9,524155\ ]$$

$$V_{doğo\,lgaz} = 1,00381 + 0,99984 + 2,113314 + 0 + 7,625124 + 0,091432 + 0,499915 =$$

$$11,333435\ \frac{m^3\ dgaz}{m_y^{\ 3}}$$

$$q_{\max} = \frac{V_{O_2}}{V_{\min_{kuru}}} = \frac{0,499915}{11,333435 - 2,113314} = 0,05422 = 5,422\ \%$$

Burada bulunan $\%O_2$ miktarı pratikte yaklaşık olarak $q_{\max}$ / 2 formülünden bulunabilir

4.6.2.4 EKSİK YANMA DURUMU (hava fazlalık katsayısı X = 0,8 ; λ = 1,06)

$$V_{doğo\,lgaz} = [\ (\ \frac{r_{CH_4}}{\overline{V}_{CH_4}} + 2\frac{r_{C_2H_6}}{\overline{V}_{C_2H_6}} + 3\ \frac{r_{C_3H_8}}{\overline{V}_{C_3H_8}} + 4\frac{r_{C_4H_{10}}}{\overline{V}_{C_4H_{10}}}\ )\ .\ \overline{V}_{CO_2} . X + (\ r_{CO_{2_h}} . \lambda\ .\ {}_tL_{\min_{kh}}\ )\ ] +$$

$$[\ (\ \frac{r_{CH_4}}{\overline{V}_{CH_4}} + 2\frac{r_{C_2H_6}}{\overline{V}_{C_2H_6}} + 3\ \frac{r_{C_3H_8}}{\overline{V}_{C_3H_8}} + 4\frac{r_{C_4H_{10}}}{\overline{V}_{C_4H_{10}}}\ ) . \overline{V}_{CO} . (\ 1-X\ )\ ] + [\ (\ 2\frac{r_{CH_4}}{\overline{V}_{CH_4}} + 3\frac{r_{C_2H_6}}{\overline{V}_{C_2H_6}} + 4$$

$$\frac{r_{C_3H_8}}{\overline{V}_{C_3H_8}} + 5\frac{r_{C_4H_{10}}}{\overline{V}_{C_4H_{10}}}\ )\ .\ \overline{V}_{H_2O} + (\ r_{H_2O_y}\ .\ f\ .\ \lambda\ .\ {}_tL_{\min_{kh}}\ )\ ] + [\ (\ \frac{s.r_{C_xH_y}}{\overline{V}_{C_xH_y}} . \overline{V}_{SO_2}\ )\ ]$$

$$+[\ (\ \frac{r_{N_2}}{\overline{V}_{N_2}} . \overline{V}_{N_2}\ ) + (\ r_{N_{2h}}\ ) .\ (\ \lambda\ .\ {}_tL_{\min_{kh}}\ )\ ] + [\ r_{Dh}\ .\ \lambda\ .\ {}_tL_{\min_{kh}}\ ] + [\ (\ {}_tO_{\min_{kh}} -$$

$${}_yO_{\min_{kh}}\ ) .\ (\ 1-X\ ) + r_{O_{2h}} .\ (\ \lambda - 1\ )\ .\ {}_tL_{\min_{kh}}\ ]$$

$$V_{doğo\,\lg az} = [\ (\ \frac{0,9852}{23,648} + 2\ \frac{0,0041}{23,644} + 3\frac{0,0014}{23,644} + 4\ \frac{0,0006}{23,643}\ )\ 23,644\ .\ 0,8\ + 0,0004\ .1,06.$$

$$9,524155\ ] + [\ (\ \frac{0,9852}{23,648} + 2\ \frac{0,0041}{23,644} + 3\frac{0,0014}{23,644} + 4\ \frac{0,0006}{23,643}\ )\ 23,644\ .\ (1\text{-}0,8)\ ] +$$

$$[\ (\ 2\frac{0,9852}{23,648} + 3\ \frac{0,0041}{23,644} + 4\frac{0,0014}{23,644} + 5\ \frac{0,0006}{23,643}\ )\ 23,644 + 0 + 0,01285\ .\ 1,06\ .\ 9,524155\ ] +$$

$$[\ (\ \frac{0.r_{C_xH_y}}{\overline{V}_{C_xH_y}}.\overline{V}_{SO_2}\ )\ ] + [\ (\ \frac{0,0081}{23,644} + 23,644 + 0,7805\ .\ 1,06.\ 9,524155\ ] + [\ 0,0096\ .\ 1,06\ .$$

$$9,524155\ ] + [\ (\ {}_tO_{\min_{kh}} - {}_yO_{\min_{kh}}\ )\ .\ (\ 1\text{-}\ 0,8\ ) + 0,2095\ .\ (\ 1,06\text{-}\ 1\ ).9,524155\ ]$$

$$V_{doğo\,\lg az} = 0,803910 + 0,199968 + 2,120653 + 0 + 8,071140 + 0,096918 + 0,219702 =$$

$$11,512292\ \ \frac{m^3\ dgaz}{m_y^{\ 3}}$$

$$k = \frac{V_{CO_2}}{V_{\min_{kuruhava}}} = \frac{0,803910}{11,512292 - 2,120653} = 0,0855599 = 8,5599\ \%$$

$$q = \frac{V_{CO}}{V_{\min_{kuruhava}}} = \frac{0,199968}{11,512292 - 2,120653} = 0,021292 = 2,1292\ \%$$

$$o = \frac{V_{O_2}}{V_{\min_{kuruhava}}} = \frac{0,129702}{11,512292 - 2,120653} = 0,023393 = 2,3393\ \%$$

4.6.2.4.1 EKSİK YANMA SONUCUNDA OLUŞAN GAZLARIN HACİMSEL ORANLARI

$r_{sdgaz}\ \frac{V_x}{V_{dgaz}}$ formülünden türetilirse

$$r_{CO_2\,dgaz}\ \frac{V_{CO_2}}{V_{dgaz}} = \frac{0{,}80391}{11{,}512292} = 0{,}069831$$

$$r_{CO\ dgaz}\ \frac{V_{CO}}{V_{dgaz}} = \frac{0{,}199968}{11{,}512292} = 0{,}017370$$

$$r_{H_2O\ dgaz}\ \frac{V_{H_2O}}{V_{dgaz}} = \frac{2{,}120653}{11{,}512292} = 0{,}184208$$

$$r_{N_2\,dgaz}\ \frac{V_{N_2}}{V_{dgaz}} = \frac{8{,}071140}{11{,}512292} = 0{,}701089$$

$$r_{O_2\,dgaz}\ \frac{V_{O_2}}{V_{dgaz}} = \frac{0{,}219702}{11{,}512292} = 0{,}019084$$

$$r_{D_2\,dgaz}\ \frac{V_{D_2}}{V_{dgaz}} = \frac{0{,}096918}{11{,}512292} = 0{,}008419$$

4.6.2.4.2 EKSİK YANMA SONUCUNDA OLUŞAN GAZLARIN KISMİ BASINÇLARI

$P_x = P_{toplam} \cdot r_{xdgaz}$

$P_{CO_2} = P_{toplam} \cdot r_{CO_2 dgaz}$ =101,325.0,069831 =7,07559 kPa

$P_{CO} = P_{toplam} \cdot r_{CO\ dgaz}$ =101,325.0,017370 =1,76001 kPa

$P_{H_2O} = P_{toplam} \cdot r_{H_2Odgaz}$ =101,325.0,184208 =18,66485 kPa

$P_{N_2} = P_{toplam} \cdot r_{N_2 dgaz}$ =101,325.0,701089 =71,03784 kPa

$P_{O_2} = P_{toplam} \cdot r_{O_2 dgaz}$ =101,325.0,019084 =1,93370 kPa

$P_D = P_{toplam} \cdot r_{D\ dgaz}$ =101,325.0,008419 =0,85302 kPa

Burada duman gazının içindeki su buharının 18,66485 kPa'lık bir kısmi basınca sahip olduğu görülmektedir. Su buharı tablolarından bu basınca sahip su buharının çiğlerime noktası sıcaklığının 58,584152 °C olduğu tespit edilir.

Yakıt Özgül Kütlesinin Hesaplanması

ρ_y = yakıt özgül kütlesi kg/m3 ρ_i = İ gazının özgül kütlesi kg/m3

$$\rho_y = \sum \rho_i \,.\, r_i \qquad \rho_i = \frac{m_i}{V_{m_i}}$$

$$\rho_y = \frac{\overline{M}_{CH_4}}{\overline{V}_{CH_4}} \,.\, r_{CH_4} + \frac{\overline{M}_{C_2H_6}}{\overline{V}_{C_2H_6}} \,.\, r_{C_2H_6} + \frac{\overline{M}_{C_3H_8}}{\overline{V}_{C_3H_8}} \,.\, r_{C_3H_8} + \frac{\overline{M}_{C_4H_{10}}}{\overline{V}_{C_4H_{10}}} \,.\, r_{C_4H_{10}} + \frac{\overline{M}_{CO_2}}{\overline{V}_{CO_2}} \,.\, r_{CO_2} + \frac{\overline{M}_{N_2}}{\overline{V}_{N_2}} \,.\, r_{N_2}$$

$$\rho_y = \frac{16,043}{23,648} \,.\, 0,9852 + \frac{30,069}{23,644} \,.\, 0,0041 + \frac{44,096}{23,644} \,.\, 0,0014 + \frac{58,123}{23,643} \,.\, 0,0006 + \frac{44,01}{23,644} \,.\, 0,0003$$

$$+ \frac{28,013}{23,644} \,.\, 0,0081 = 0,687798 \text{ kg/m3}$$

4.7.1 OSTWALD DİYAGRAMININ ÇİZİLMESİ

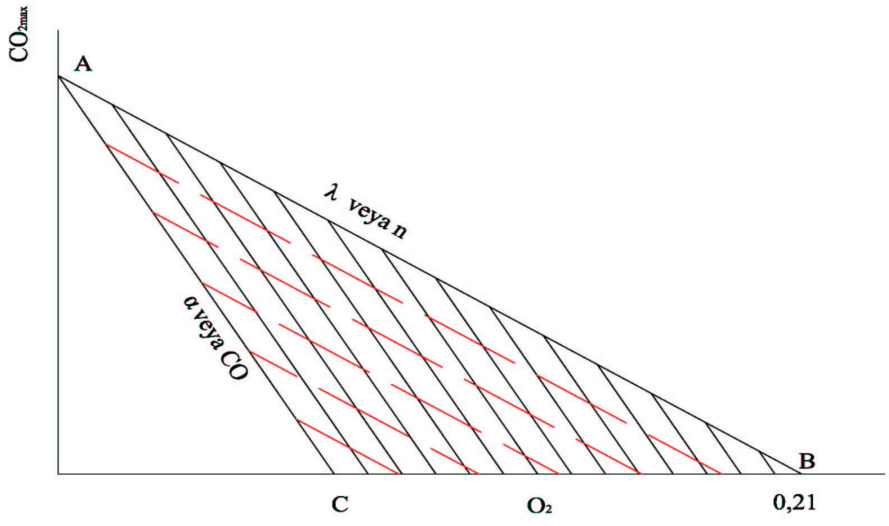
Yakıtın içindeki C nun α kadar kısmı CO şeklinde, (1- α) kadar kısmı CO_2 şeklinde yanıyor ise tam yanma halinde n ≥ 1 , α = 0 olacaktır. Bu durumda $CO_2 = \frac{1,868C}{V_{gokr} + (n-1)V_{ho}}$ şeklinde yazılabilir. (V_{gokr} : Özgül kuru duman miktarı , V_{ho} ; teorik özgül hava miktarı)

Hava fazlalık katsayısının n=1 değer için, tamamen yakıta bağlı olan ve $CO_{2\max}$ ile gösterilen, yanma sonucu oluşan gazlar içinde ulaşılabilecek en yüksek CO_2 oranı bulunur.

$CO_{2\max} = \frac{1{,}868C}{V_{gokr}}$ ayrıca $V_{gokr} = V_{ho}$ kabul edilirse ki hidrojence zengin olmayan yakıtlar için bu doğrudur. $\frac{CO_{2\max}}{CO_2}$ = n bağlantısı bulunur.

$O_2 = \frac{0{,}21(n-1)V_{ho}}{V_{gokr}}$ şeklindedir. Bu bağıntılardan tam yanma halinde CO_2 ve O_2 oranları arasında doğrusal; $CO_2 + \frac{100}{21} CO_{2\max} . O_2 - CO_{2\max} = 0$ bağıntısı bulunur. Bu denklem Ostwald diyagramında grafik 4 te AB ile gösterilen doğruya karşılık gelir. Bu doğru boyunca A'dan B'ye gidildikçe n değeri 1 ile ∞ arasında değişir. Çoğu zaman değişken olarak n yerine $\lambda = \frac{1}{n}$ değeri kullanılır. Bu durumda λ değeri AB aralığında 1 ile 0 arasında değişir.

Şekil 4.21: Ostwald diyagramı (O.GENCELİ 2007)



4.8.1 İKİ SICAKLIK ARASINDAKİ ENTALPİ FARKI VE ORTALAMA ÖZGÜL ISI DEĞERİNİN BİR YOĞUŞMALI KOMBİYE AİT ÇALIŞMA ARALIĞINDA HESAPLANMASI

Yanma işlemi sonrası ısı değiştiricisine gönderilecek duman gazlarının sıcaklığı 200 °C alınmıştır. Isı değiştiricisinden çıkış sıcaklığı da, doğal gazın yanması sonucu duman gazlarında bulunan su buharının sahip olduğu 18,66485 kPa'lık kısmi basınca karşılık gelen yoğuşma sıcaklığı olan 58,584152 °C'den küçük olarak 50 °C seçilmiştir.

Hesaplamalar için tanımlar;

Φ = T (K)/100 olmak üzere

Φ_1=(273,15+50)/100=3,2315

Φ_2 =(273,15+200)/l 00=4,7315

Yanma sonu ürünü gazlarının ekonomizöre giriş ve çıkışları arasındaki entalpi farkı aşağıdaki denklem yardımı ile bulunur. (Sonntag 1997)

$$\Delta h = 100 \int_{\phi_1}^{\phi_2} C_{po}(\phi)\, d\phi$$

$$= 100 \int_{\phi_1}^{\phi_2} \sum \frac{r_{xdgaz}}{\overline{V}_x} C_{po_x}(\phi)\, d\phi$$

$$\sum \frac{r_{xdgaz}}{\overline{V}_x} C_{po_x} = \frac{0,069831}{23,644457}\left(-3,7375 + 30,529\ \phi^{0,5} - 4,1034\ \phi + 30,529\ \phi^{2} \right) +$$

$$\frac{0,01737}{23,644444}\left(69,145 + 0,70463\ \phi^{0,75} - 200,77\ \phi^{-0,5} + 176,76\ \phi^{-0,75} \right) +$$

$$\frac{0,184208}{23,644581}\left(143,05 + 183,54\ \phi^{0,25} - 82,751\ \phi^{0,5} + 3,6989\ \phi \right) +$$

$$\frac{0,701089}{23,644587}\left(39,06 + 512,79\ \phi^{-1,5} - 1072,7\ \phi^{-2} + 820,4\ \phi^{-3} \right) +$$

$$\frac{0,019084}{23,64422}\left(37,432 + 0,020102\ \phi^{1,5} - 178,57\ \phi^{-1,5} + 236,88\ \phi^{-2} \right)$$

$$\sum \frac{r_{xdgaz}}{\overline{V}_x} C_{po_x} = 2{,}342609 - 24{,}325795\ .\phi^{-3} + 31{,}997972.\ \phi^{-2} - 15{,}348938.\ \phi^{-1{,}5} +$$

$0{,}129853.\ \phi^{-0{,}75} - 0{,}147492.\ \phi^{-2} - 1{,}429904\ .\ \phi^{0{,}25} + 0{,}734851.\ \phi^{0{,}5} - 0{,}000518.\ \phi^{0{,}75} - 0{,}040936.$

$\phi +$

$0{,}000016.\ \phi^{1{,}5} + 0{,}000071.\ \phi^{2}$

$$\Delta h_{(T_1 - T_2)} = 2{,}342609 - 24{,}325795\ .\phi^{-3} - + 31{,}997972.\ \phi^{-2} - 15{,}348938.\ \phi^{-1{,}5} + 0{,}129853.$$

$\phi^{-0{,}75} - 0{,}147492.\ \phi^{-2} - 1{,}429904\ .\ \phi^{0{,}25} + 0{,}734851.\ \phi^{0{,}5} - 0{,}000518.\ \phi^{0{,}75} - 0{,}040936.\ \phi +$

$$0{,}000016.\ \phi^{1{,}5} + 0{,}000071.\ \phi^{2}. \Big|_{3{,}2315}^{4{,}7315}.100$$

$$\Delta h_{(T_1 - T_2)} = 195{,}080075\ \frac{kj}{m^3_{dgaz}}$$

4.8.2 ISIL DEĞER HESABI

Isıl değerin bulunması için yakıtı oluşturan her bir gaz bileşeninin entalpisinden yanma ürünlerinin entalpileri ürün miktarlarıyla çarpılarak tespit edilir. Gazların yakıt içindeki hacimsel oranlarıyla çarpılır ve sonra toplanır. Tablo 13'te örnek bir doğalgazın bileşenlerinin entalpi değerleri ve yapılan hesaplar sonucu bulunan ısıl değerler verilmiştir. Burada duman gazı içerisindeki suyun sıvı fazda mı; gaz fazında mı olduğu önemlidir. Alt ısıl değer hesaplanırken yanma ürünü olarak çıkan suyun gaz fazı için geçerli olan değer $\overline{h}_{f_{(H_2O)_g}}$ = -241826 kJ/kmol alınırken; üst ısıl değer hesabında suyun sıvı fazdaki değeri $\overline{h}_{f_{(H_2O)_g}}$ = -285830 kJ/kmol değeri alınır. (SONNTANG,1997) Çalışmada CH_4 için örnek hesaplama yapılmış, diğer gazların değerleri çizelgede belirtilmiştir.

$\bar{h}_{R_{(CH_4)_g}} = 1.\ \bar{h}_{f_{(CH_4)_g}} - (1.\ \bar{h}_{f_{(CO_2)_g}} + 2.\ \bar{h}_{f_{(H_2O)_g}}) = -74873 - (393522 + 2.\ (241826))$

$=802301\ \frac{kj}{kmol} \Rightarrow$

$\bar{h}_{R_{(CH_4)_g}} = 802301\ \frac{kj}{kmol} . \frac{1}{\bar{V}_{CH_4}} . r_{CH_4} = 802301\ \frac{kj}{kmol} . \frac{1}{23{,}644457 \frac{Sm^3}{kmol}} . 0{,}9852$

$\bar{h}_{R_{(CH_4)_g}} = 33424{,}2651 \frac{kJ}{Sm^3}$

Bir mol maddenin elementlerinden oluşması halinde entalpi artışına o maddenin oluşum entalpisi denir. Entalpi, sıcaklık ve basınca bağlı olduğundan oluşum entalpileri standart koşullar için verilir. 0,1 Mpa basınç ve 25 °C sıcaklıktaki oluşum entalpisi ‘’standart oluşum entalpisi’’ olarak adlandırılır. Kimyasal bileşik reaksiyon odasını aynı basınç ve sıcaklıkta terkederse;

$Q_p = \bar{h}_{Bileşil} - \sum_{Y_{ig}} n_g . \bar{h}_g$ şekkinde yazılabilir. (A.CAN 2009)

Eğer standart referans noktasında, elementlerin entalpilerinin değerlerinin sıfıra eşit olduğu göz önüne alınırsa $\bar{h}_{bileşil} = Q_p$ bulunur.

Bu şekilde tanımlanmış entalpi, bileşiğin oluşum entalpisi olmaktadır ve $\bar{h}^0_{298}$ simgesi ile gösterilir. Oluşum entalpileri ya doğrudan deneysel olarak veya bazı durumlarda bilinen reaksiyonların reaksiyon ısısı ölçülerek tespit edilmektedir.herhangi bir saf maddenin standart referans halinden farklı bir T sıcaklığındaki P basıncındaki entalpisi;

$\bar{h}_{T,P} = \bar{h}^0_{298} + \Delta\bar{h}_{298,0,1 \to T,P}$ eşitliğinden yararlanılarak belirlenir.

Burada $\Delta\overline{h}_{298,0,1\to T,P}$ terimi, standart referans noktası ile saf maddenin T sıcaklığı ve P basıncı ile belirlenen hali arasındaki entalpi değişimini göstermektedir. Bu değişim, herbir saf madde için tablolar ve diyagramlar yardımı ile belirlenebilir.

Eğer hazır tablo mevcut değil ise, incelenen saf maddenin entalpi değişimi belirtilen koşullarda ya mükemmel gaz kabulu yapılmadan, genelleştirilmiş entalpi diyagramı yardımı ile yaklaşık olarak, yada mükemmel gaz kabulu ile $\overline{h}_{T,P} = \overline{h}^{0}_{298} + \Delta\overline{h}_{298,0,1\to T,P}$ ifadesinden yararlanılarak, $\overline{h}_{T,P} = \overline{h}^{0}_{298} + (\overline{h}_{T} - \overline{h}^{0}_{298})$ şeklinde yazılmış eşitlikten veya $\overline{h}_{T,P} = \overline{h}^{0}_{298} + \int_{298}^{0} c_P.dT$ eşitliği ile belirlenir.

$Q_p + H_{Y_i,G} = L_{k.h} + H_{Y_i,Ç}$ veya $Q_p + \sum_{Y_{İG}} n_g.\overline{h}_g = K_{k.h} + \sum_{Y_{İç}} n_ç.\overline{h}_ç$ yazılabilir. Ortamda genellikle bir iş alışverişi olmadığı için $Q_p + \sum_{Y_{İG}} n_g.\overline{h}_g = \sum_{Y_{İç}} n_ç.\overline{h}_ç$ yazılabilir. (A.CAN 2009)

Yanma reaksiyonları için geçerli $Q_p + \sum_{Y_{İG}} n_g.\overline{h}_g = \sum_{Y_{İç}} n_ç.\overline{h}_ç$ termodinamiğin birinci yasası $\Delta\overline{h}_{298,0,1\to T,P} = \Delta\overline{h}$ kısaltması yapılırsa;

$Q_p + \sum_{Y_{İG}} n_g(\overline{h}^{0}_{298} + \Delta\overline{h})_G = L_{Kh} + \sum_{Y_{İç}} n_ç(\overline{h}^{0}_{298} + \Delta\overline{h})_Ç$ ifadesi yazılabilir.

Herhangi bir iş yapılmayan, kinetik ve potansiyel enerji değişimleri olmayan, sabit basınç altında gerçekleşen bir kimyasal reaksiyonda oluşan ürünlerin entalpileri ile bileşenlerin entalpileri arasındaki fark ‘’ reaksiyon entalpisi’’ olarak adlandırılır.

$Q_p = \Delta H = H_Ü - H_B = \sum_{Ü} n_ç(\overline{h}^{0\ f}_{298} + \Delta\overline{h})_ç - \sum_{B} n_G(\overline{h}^{0\ f}_{298} + \Delta\overline{h})_G$ eşitliği ile tanımlanır.

Eğer reaksiyon 0,1 Mpa basınç ve 25 °C sıcaklık değerleri ile belirtilen standart referans noktasında gerçekleşiyorsa reaksiyon entalpisi standart reaksiyon entalpisi adını alır.Bu eşitlik;

$\Delta H = \sum_{Ü} n_{ç} . \bar{h}^{0}_{298,Ç}{}^{f} - \sum_{B} n_{G} . \bar{h}^{0}_{298,G}{}^{f}$ şeklinde yazılabilir. (A.CAN 2009)

Çizelge 4.9 :Doğal Gaz'a Ait Alt Isıl Değer Hesabı (H_u) Tablosu (Sonntang 1997)

	25°C 100 kPa şartlarındaki entalpisi	Yakıtın reaksiyon ısısı		Alt ısıl değer (H_u)		
	kJ/kmol	kJ/kmol	kJ/kg	kJ/kg	kJ/Nm^3	kJ/m^3
CO_2	-393522					
CO	-110527					
H_2O	-241826					
CH_4	-74873	802301	50010,7	48596	35259,8	33424,3
C_2H_6	-84740	1427782	47482,9	359,967	261,181	247,585
C_3H_8	-103900	2043970	46352,5	175,959	127,67	121,024
C_4H_{10}	-126200	2657018	45713,7	98,0341	71,1305	67,4277
				49230	35719,7	33860,3
				11758,4	8531,51	8087,39

Hesaplamalar sonucu bulunan H_u değeri tablo 13'ün sonunda da görüldüğü gibi kJ ve kcal olarak farklı yakıt birimlerine göre verilmiştir

5.1 KOMBİ LABORATUVARI VE DENEY TERTİBATI BİLGİLERİ

Kombilerin verimleri için akredite test standları (TSE EN 472) (CEE 92-42) (DİN 4702-T8) kullanılmıştır. Testlerin yapıldığı sistemin bilgisayar analizi sonucu verilen deneysel sonuçların grafikleri üzerinde aşağıdaki bilgiler bulunmaktadır. Yazılım üzerindeki paremetrelerin açıklamaları aşağıda belirtilmiştir;

Test Time: Test Süresi

Net Calorific Value: Gazın Alt ısıl değeri

Gas Metter Pressure: Gaz sayacındaki basınç

Gas İnlet Pressure: Gaz giriş basıncı

Gas Burner Pressure: Brülör basıncı

Gas Temp: Gaz sıcaklığı

Gaz Volume: Harcanan Gaz miktarı

KCont: Gaz sayacı düzeltmesi

K15: Gaz sıcaklığını standartta belirtilen 15 °C deki ideal şartlara getirmek için kullanılan katsayı

Gas Rate 15 °C(Vr) : 15 °C de 1 saatte harcanan gaz miktarı

Heat Input Qc: Isı yükü (EN 483'e göre)

Ambient Tempature: Test ortamı sıcaklığı

Barometric Pressure: Atmosfer basıncı

Flow Temparure (Tf): Kalorifer gidiş suyu sıcaklığı

Return Tempature(Tr): Kalorifer dönüş suyu sıcaklığı

Primary water Rate(L/h): Sistemde dolaşan su debisi Litre/saat

Boiler water Rate(Kg/h): Sistemde dolaşan su debisi Kg/saat

Useful Output prim.: Anma Isı Gücü

Useful Efficiency: Verim



Şekil 5.1: test standları genel görünüm



Şekil 5.2: Baca gazı analizatörü

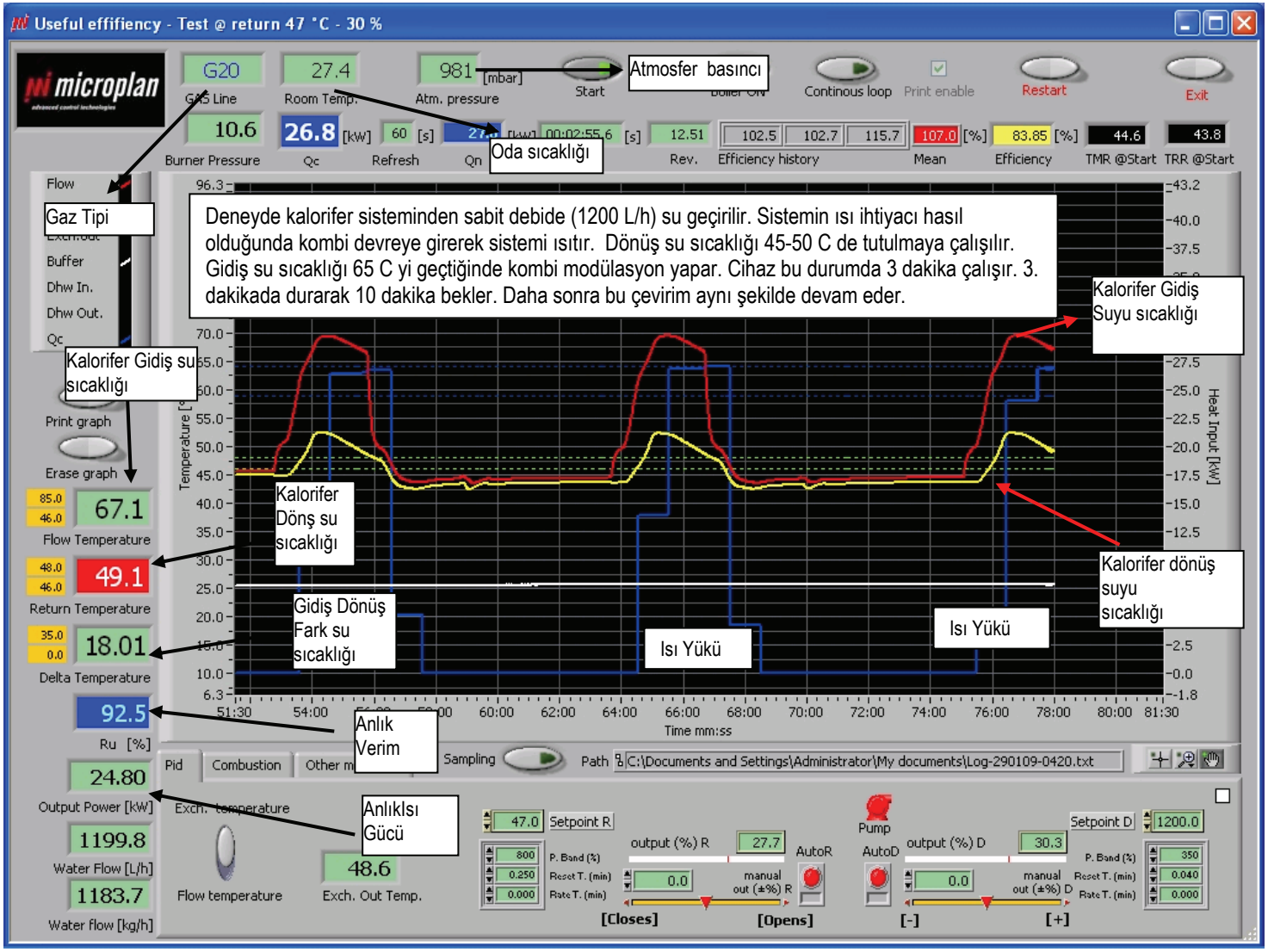


Şekil 5.3: test standları su ve gaz bağlantı detayı

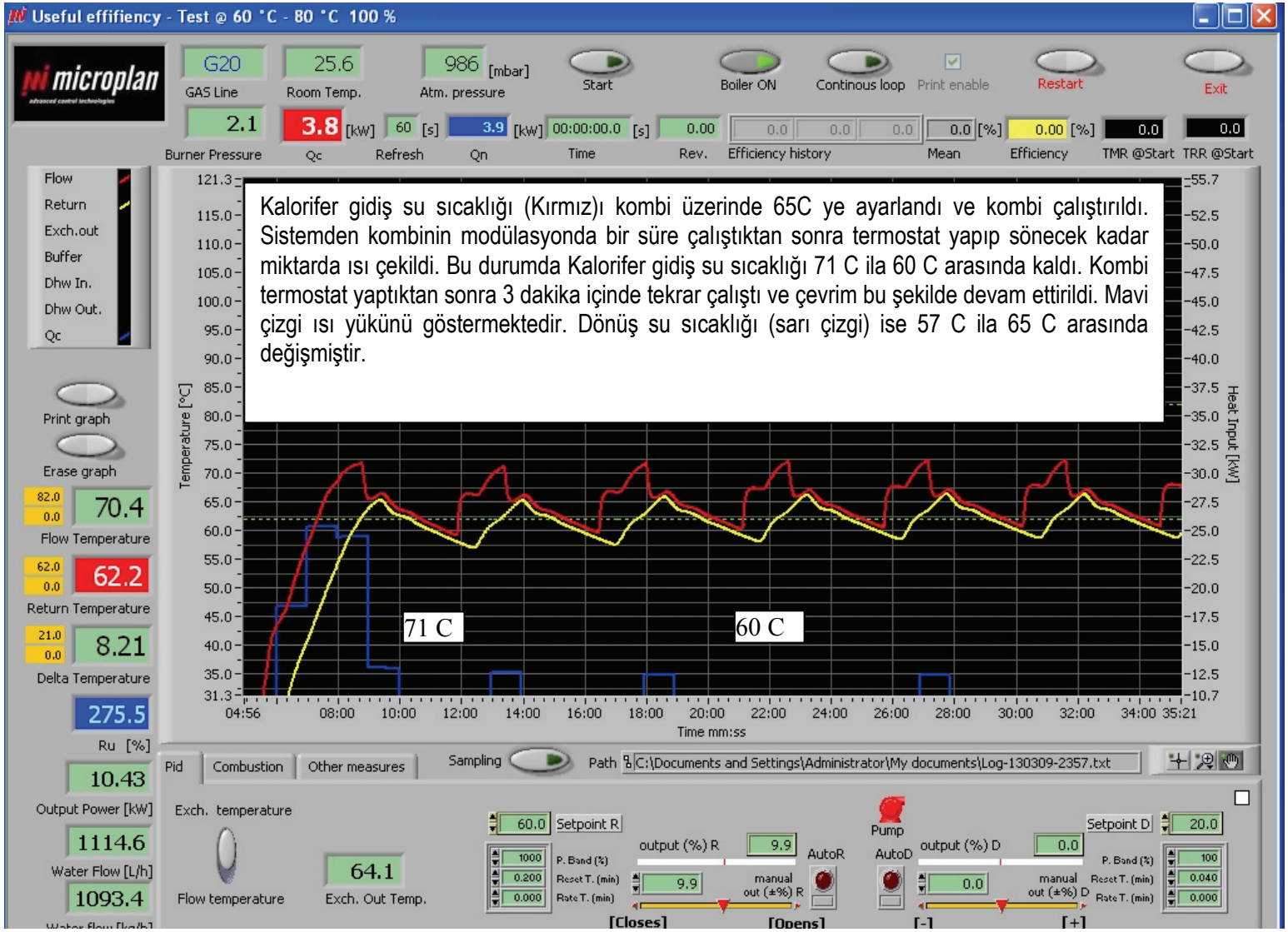


Şekil 5.4: Baca gazı analizi propları

Şekil 5.5: Kombi verim testlernin yapıldığı bilgisayar yazılımının sonuç raporunun açıklamaları



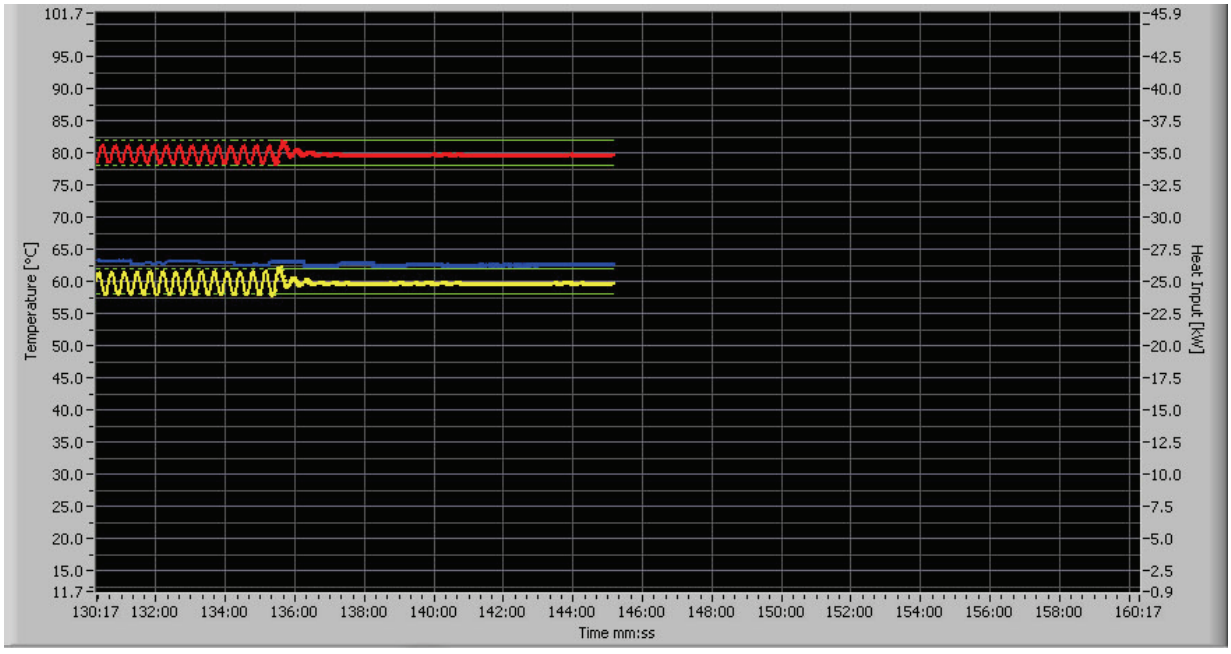
Şekil 5.6: Kombi verim testlernin yapıldığı bilgisayar yazılımının çalışma eğrilerinin açıklamaları



Şekil 5.7: Model 1 kombinin 80 °C gidiş 60 °C dönüş suyu sıcaklığı şartlarında verim testi değerleri



Şekil 5.8: Model 1 kombinin 80 °C gidiş 60 °C dönüş suyu sıcaklığı çalışma şartlarında rejime girmiş verim eğrisi



Çizelge 5.1 : Model 1 kombinin 80 °C gidiş 60 °C dönüş suyu sıcaklığı şartlarında verim testi

Referans gaz G30		**Efektif verim testi Tse EN 270**	
Tarih	**01/10/2009**	**ORTAM VERİLERİ**	
Zaman	**14:00**		
Test Süresi sn	**300**	**Ortam sıcaklığı** °C	**24,9**
Yükleme	**% 100**	**Ortam basıncı mbar**	**991,4**
G 30		**KOMBİ**	
Gazın Alt ısıl değeri Mj/m^3	**34,02**	**Tf** °C	**79,62**
Gaz yoğunluğu	**0,56**	**Tr** °C	**59,63**
Gaz sayacındaki basınç mbar	**27,9**	**Sistem su debisi L/h**	**1084,7**
Gaz giriş basıncı mbar	**21,3**	**Sistem su debisi Kg/h**	**1066,3**
Brülör basıncı mbar	**11,2**	**ÖLÇÜLEN ÇALIŞMA DEĞERLERİ**	
Gaz sıcaklığı °C	**24,9**		
Harcanan Gaz miktarı m^3	**0,2368**	**ANMA ISI YÜKÜ Kw**	**26,604 Kw**
Gaz sayacı düzeltmesi	**1,0076**		
K 15 *	**0,9725**		
Gaz rate 15 m^3/h	**2,7777**	**EFEKTİF VERİM %**	**% 93,1**
Isı yükü (EN 483'e göre) kW	**26,251**		
Nominal giriş ısı yükü kW	**26,988**		

K 15 ; Gaz sıcaklığını standartta belirtilen 15 °C deki ideal şartlara getirmek için kullanılan katsayı

Gaz rate ; 15 °C de 1 saatte harcanan gaz miktarı

Teorik Hesap yöntemi (Model 1) 80 – 60 °C

Isı yükü= Harcanan gaz miktarı . Gazın Alt ısıl değeri

Harcanan gaz miktarı = (Gaz sayacı düzeltme değeri) . (15 °C de ki düzeltme katsayısı) (tüketim).(3600 / test süresi)

$$= 0{,}9725 \cdot 1.0079 \cdot 0{,}2368 \cdot \frac{3600}{300}$$

= 2,7865 m3/saat

Anma Isı Yükü= 2,7865 m3/h x 8,83 Kwh/ m3

Anma Isı Yükü = 26,604 Kw

Anma Isı gücü= (Gidiş ve dönüş su sıcaklıkları arasındaki fark).(Sistemde dolaşan suyun debisi kg)x (Suyun özgül ısısı)

Suyun özgül ısısı Cw= 1 KCalori/kg°C (0,86 kcal $\Rightarrow$ 1 Kw)

= (79,62 °C - 59,63 °C). Cw . 1066,3 kg/h

= 19,99 C . 1 Kcal/kg°C . 1066,3 Kg/h

= 21315,337 Kcal/h / 860

Anma Isı gücü = 24.785 Kw

Verim = Anma Isı Gücü / Anma Isı Yükü

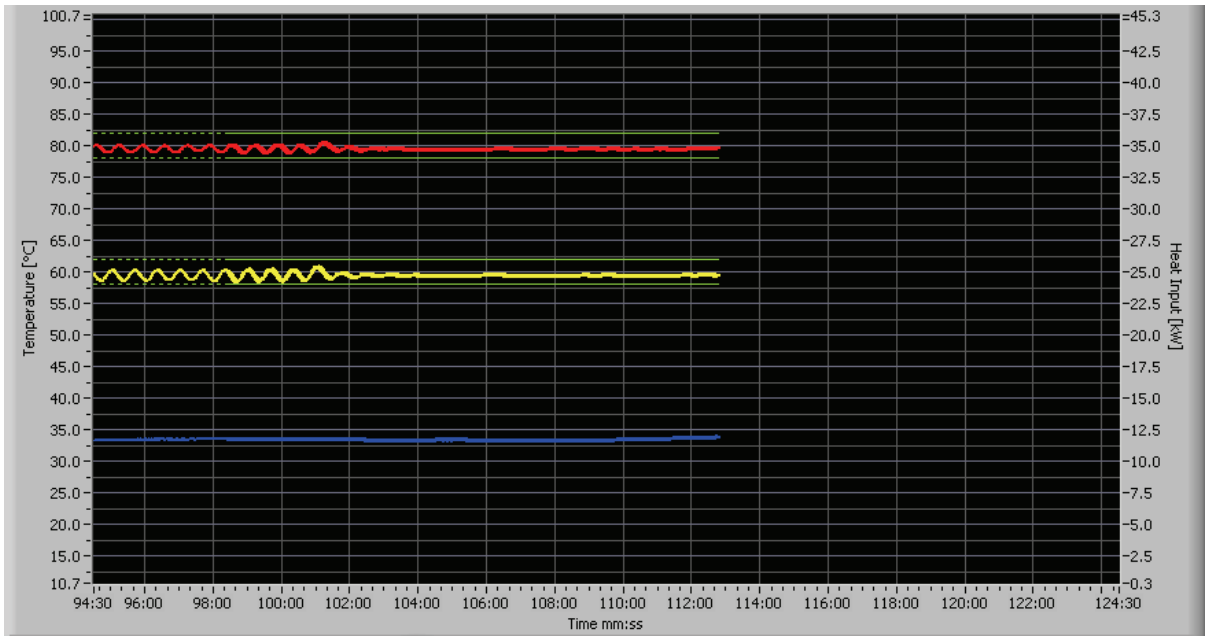
= 24,785 / 26,604

Verim = % 93,1

Şekil 5.9: Model 1 kombinin 50 °C gidiş 30 °C dönüş suyu sıcaklığı şartlarında verim testi değerleri



Şekil 5.10: Model 1 kombinin 50 °C gidiş 30 °C dönüş suyu sıcaklığı çalışma şartlarında rejime girmiş verim eğrisi



Çizelge 5.2 : Model 1 kombinin 50 °C gidiş 30 °C dönüş suyu sıcaklığı şartlarında verim testi

Referans gaz G30		**Efektif verim testi Tse EN 270**	
Tarih	**01/10/2009**	**ORTAM VERİLERİ**	
Zaman	**15:00**		
Test Süresi sn	**300**	**Ortam sıcaklığı** °C	**25,2**
Yükleme	**% 100**	**Ortam basıncı mbar**	**991,7**
G 30		**KOMBİ**	
Gazın Alt ısıl değeri Mj/m^3	**34,02**	**Tf** °C	**49,62**
Gaz yoğunluğu	**0,56**	**Tr** °C	**29,63**
Gaz sayacındaki basınç mbar	**28,7**	**Sistem su debisi L/h**	**467,7**
Gaz giriş basıncı mbar	**22**	**Sistem su debisi Kg/h**	**459,7**
Brülör basıncı mbar	**2**	**ÖLÇÜLEN ÇALIŞMA DEĞERLERİ**	
Gaz sıcaklığı °C	**25,2**		
Harcanan Gaz miktarı m^3	**0,1068**	**ANMA ISI YÜKÜ Kw**	**11,819 Kw**
Gaz sayacı düzeltmesi	**1,0006**		
K 15 *	**0,9726**		
Gaz rate 15 m^3/h	**1,2512**	**EFEKTİF VERİM %**	**% 90,4**
Isı yükü (EN 483'e göre) kW	**11,825**		
Nominal giriş ısı yükü kW	**12,161**		

Teorik Hesap yöntemi (Model 1) 50 – 30 °C

Isı yükü= Harcanan gaz miktarı . Gazın Alt ısıl değeri

Harcanan gaz miktarı = (Gaz sayacı düzeltme değeri) . (15 °C de ki düzeltme katsayısı) (tüketim).(3600 / test süresi)

$$= 0{,}9726 \,.\, 1.0060 \,.\, 0{,}1068 \,.\, \frac{3600}{300{,}8}$$

= 1,2506 m3/saat

Anma Isı Yükü= 2,7865 m3/saat x 34.02 MJ/m3

(MJ. 0,2778 = kWh $\Rightarrow$ 9,4507 Kw/m3)

Anma Isı Yükü = 11,819 Kw

Anma Isı gücü= (Gidiş ve dönüş su sıcaklıkları arasındaki fark).(Sistemde dolaşan suyun debisi kg)x (Suyun özgül ısısı)

Suyun özgül ısısı Cw= 1 KCalori/kg°C (0,86 kcal $\Rightarrow$ 1 Kw)

= (49,62 °C - 29,63 °C). Cw . 459,7 kg/h

= 19,99 C . 1 Kcal/kg°C . 459,7 Kg/h

= 9189,403 Kcal/h / 860

Anma Isı gücü = 10,6853 Kw

Verim = Anma Isı Gücü / Anma Isı Yükü

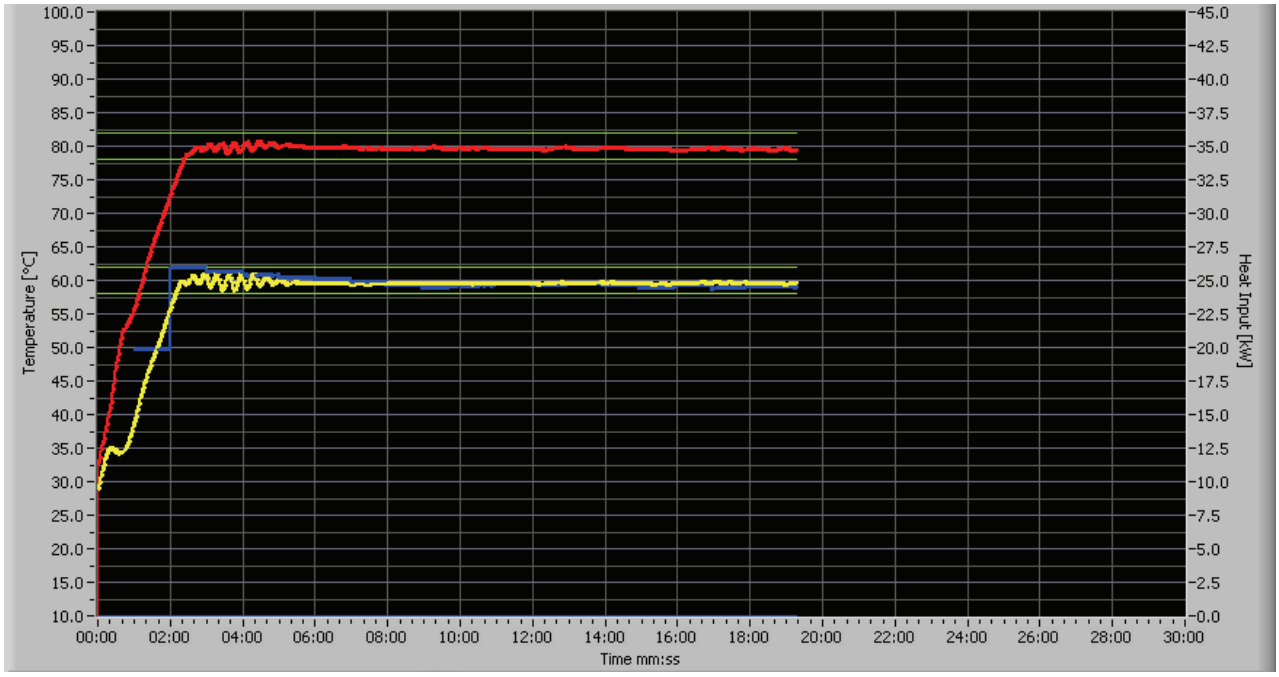
= 10,6853 / 11,819

Verim = % 90,4

Şekil 5.11: Model 2 kombinin 80 °C gidiş 60 °C dönüş suyu sıcaklığı şartlarında verim testi değerleri



Şekil 5.12: Model 2 kombinin 80 °C gidiş 60 °C dönüş suyu sıcaklığı çalışma şartlarında rejime girmiş verim eğrisi



Çizelge 5.3 : Model 2 kombinin 80 °C gidiş 60 °C dönüş suyu sıcaklığı şartlarında verim testi

Referans gaz G30		**Efektif verim testi Tse EN 270**	
Tarih	**02/10/2009**	**ORTAM VERİLERİ**	
Zaman	**14:15**		
Test Süresi sn	**300**	**Ortam sıcaklığı** °C	**23,3**
Yükleme	**% 100**	**Ortam basıncı mbar**	**990,4**
G 30		**KOMBİ**	
Gazın Alt ısıl değeri Mj/m^3	**34,02**	**Tf** °C	**79,59**
Gaz yoğunluğu	**0,56**	**Tr** °C	**59,58**
Gaz sayacındaki basınç mbar	**27,9**	**Sistem su debisi L/h**	**1051,9**
Gaz giriş basıncı mbar	**21,6**	**Sistem su debisi Kg/h**	**1034,1**
Brülör basıncı mbar	**10,2**	**ÖLÇÜLEN ÇALIŞMA DEĞERLERİ**	
Gaz sıcaklığı °C	**23,6**		
Harcanan Gaz miktarı m^3	**0,2200**	**ANMA ISI YÜKÜ Kw**	**25,358 Kw**
Gaz sayacı düzeltmesi	**1,0080**		
K 15 *	**0,9760**		
Gaz rate 15 m^3/h	**2,5925**	**EFEKTİF VERİM %**	**% 94**
Isı yükü (EN 483'e göre) kW	**24,501**		
Nominal giriş ısı yükü kW	**25,144**		

Teorik Hesap yöntemi (Model 2) 80 – 60 °C

Isı yükü= Harcanan gaz miktarı . Gazın Üst ısıl değeri

Harcanan gaz miktarı = (Gaz sayacı düzeltme değeri) . (15 °C de ki düzeltme katsayısı) (tüketim).(3600 / test süresi)

$$= 0{,}9760 \cdot 1.0080 \cdot 0{,}22 \cdot \frac{3600}{300{,}5}$$

= 2,5929 m3/saat

Anma Isı Yükü= 2,5929 m3/saat x 9,78 Kwh/m3

Anma Isı Yükü = 25,358 Kw

Anma Isı gücü= (Gidiş ve dönüş su sıcaklıkları arasındaki fark).(Sistemde dolaşan suyun debisi kg)x (Suyun özgül ısısı)

Suyun özgül ısısı Cw= 1 KCalori/kg°C (0,86 kcal $\Rightarrow$ 1 Kw)

= (79,59 °C - 59,58 °C). Cw . 1034,1 kg/h

= 19,99 C . 1 Kcal/kg°C . 459,7 Kg/h

= 20692,341 Kcal/h / 860

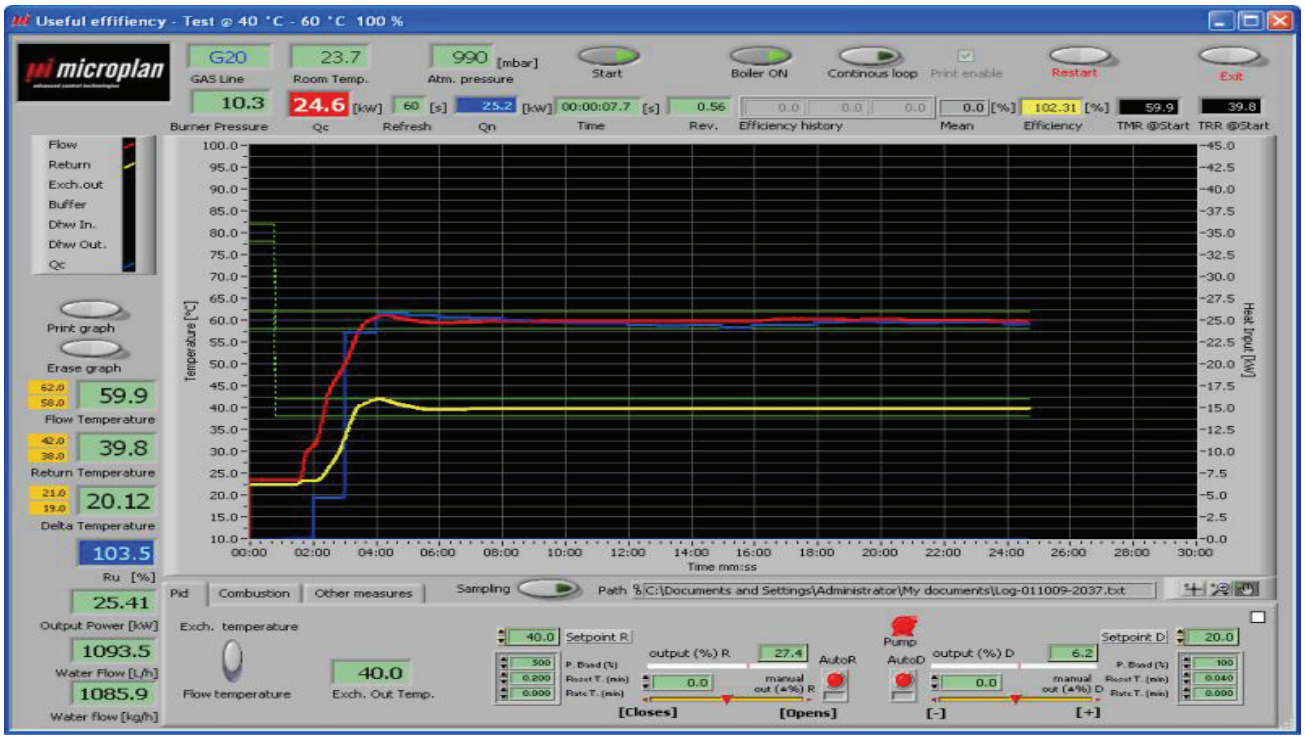
Anma Isı gücü = 24,06 Kw

Verim = Anma Isı Gücü / Anma Isı Yükü

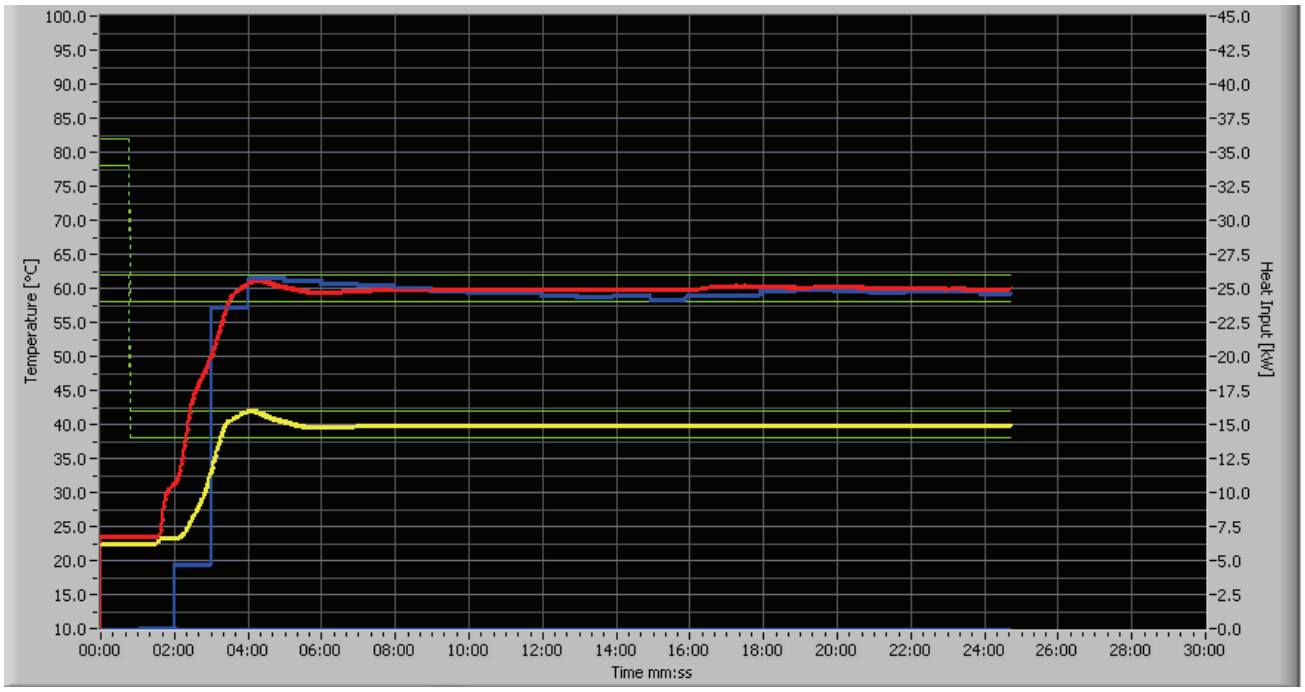
= 24,06 / 25,358

Verim = % 94

Şekil 5.13: Model 2 kombinin 60 °C gidiş 40 °C dönüş suyu sıcaklığı şartlarında verim testi değerleri



Şekil 5.14: Model 2 kombinin 60 °C gidiş 40 °C dönüş suyu sıcaklığı çalışma şartlarında rejime girmiş verim eğrisi



Çizelge 5.4 : Model 2 kombinin 60 °C gidiş 40 °C dönüş suyu sıcaklığı şartlarında verim testi

Referans gaz G30		**Efektif verim testi Tse EN 270**	
Tarih	**02/10/2009**	**ORTAM VERİLERİ**	
Zaman	**16:19**		
Test Süresi sn	**600**	**Ortam sıcaklığı** °C	**24,1**
Yükleme	**% 100**	**Ortam basıncı mbar**	**989,7**
G 30		**KOMBİ**	
Gazın Alt ısıl değeri Mj/m^3	**34,02**	**Tf** °C	**59,8**
Gaz yoğunluğu	**0,56**	**Tr** °C	**39,75**
Gaz sayacındaki basınç mbar	**27,7**	**Sistem su debisi L/h**	**1098,6**
Gaz giriş basıncı mbar	**21,7**	**Sistem su debisi Kg/h**	**1090,9**
Brülör basıncı mbar	**10,3**	**ÖLÇÜLEN ÇALIŞMA DEĞERLERİ**	
Gaz sıcaklığı °C	**23,7**		
Harcanan Gaz miktarı m^3	**0,4647**	**ANMA ISI YÜKÜ Kw**	**26,771 Kw**
Gaz sayacı düzeltmesi	**1,0080**		
K 15 *	**0,9747**		
Gaz rate 15 m^3/h	**2,6020**	**EFEKTİF VERİM %**	**% 95**
Isı yükü (EN 483'e göre) kW	**24,591**		
Nominal giriş ısı yükü kW	**25,249**		

Teorik Hesap yöntemi (Model 2) 60 – 40 °C

Isı yükü= Harcanan gaz miktarı . Gazın Üst ısıl değeri

Harcanan gaz miktarı = (Gaz sayacı düzeltme değeri) . (15 °C de ki düzeltme katsayısı) (tüketim).(3600 / test süresi)

$$= 0{,}9747 \,.\, 1.0080 \,.\, 0{,}4647 \,.\, \frac{3600}{600{,}5}$$

= 2,6022 m3/saat

Anma Isı Yükü= 2,737 m3/saat x 9,78 Kwh/m3

Anma Isı Yükü = 26,771 Kw

Anma Isı gücü= (Gidiş ve dönüş su sıcaklıkları arasındaki fark).(Sistemde dolaşan suyun debisi kg)x (Suyun özgül ısısı)

Suyun özgül ısısı Cw= 1 KCalori/kg°C (0,86 kcal $\Rightarrow$ 1 Kw)

= (59,8 °C - 39,75 °C). Cw . 1090,9 kg/h

= 20,05 C . 1 Kcal/kg°C . 1090,9 Kg/h

= 21872,545 Kcal/h / 860

Anma Isı gücü = 25,433 Kw

Verim = Anma Isı Gücü / Anma Isı Yükü

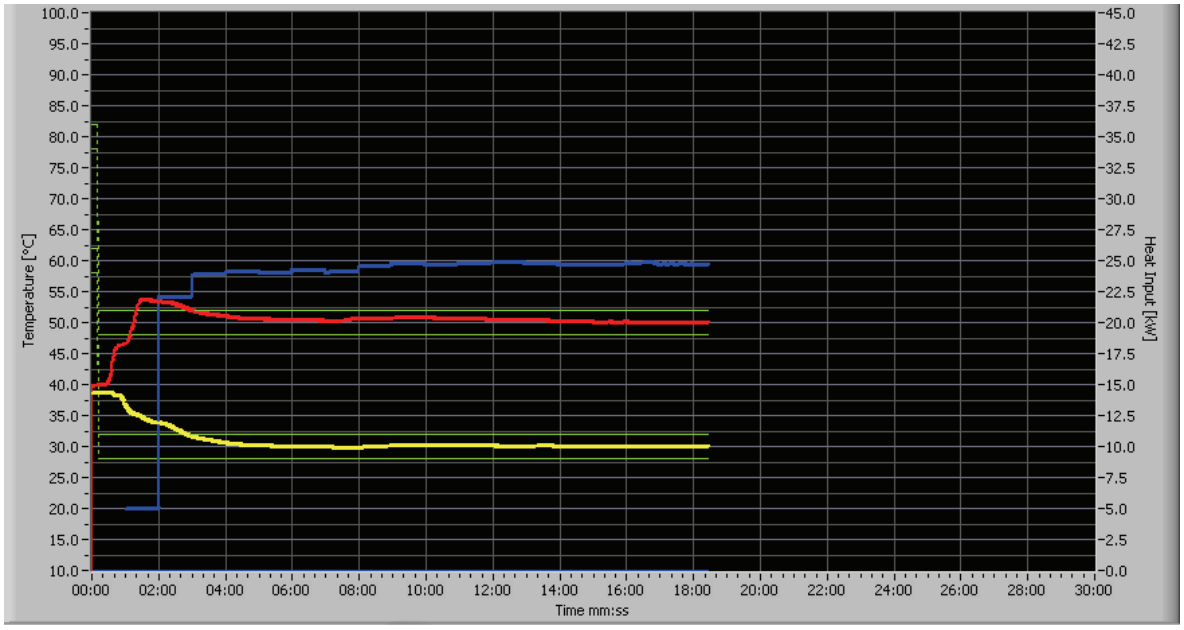
= 25,433 / 26,771

Verim = % 95

Şekil 5.15: Model 2 kombinin 50 °C gidiş 30 °C dönüş suyu sıcaklığı şartlarında verim testi değeleri



Şekil 5.16: Model 2 kombinin 50 °C gidiş 30 °C dönüş suyu sıcaklığı çalışma şartlarında rejime girmiş verim eğrisi



Çizelge 5.5 : Model 2 kombinin 50 °C gidiş 30 °C dönüş suyu sıcaklığı şartlarında verim testi

Referans gaz G30		**Efektif verim testi Tse EN 270**	
Tarih	**02/10/2009**	**ORTAM VERİLERİ**	
Zaman	**17:05**		
Test Süresi sn	**300**	**Ortam sıcaklığı** °C	**24,9**
Yükleme	**% 100**	**Ortam basıncı mbar**	**989,7**
G 30		**KOMBİ**	
Gazın Alt ısıl değeri Mj/m^3	**34,02**	**Tf** °C	**50,08**
Gaz yoğunluğu	**0,56**	**Tr** °C	**29,99**
Gaz sayacındaki basınç mbar	**27,8**	**Sistem su debisi L/h**	**1129,7**
Gaz giriş basıncı mbar	**21,7**	**Sistem su debisi Kg/h**	**1127,4**
Brülör basıncı mbar	**10,3**	**ÖLÇÜLEN ÇALIŞMA DEĞERLERİ**	
Gaz sıcaklığı °C	**24,3**		
Harcanan Gaz miktarı m^3	**0,2366**	**ANMA ISI YÜKÜ Kw**	**27,187 Kw**
Gaz sayacı düzeltmesi	**1,0080**		
K 15 *	**0,9728**		
Gaz rate 15 m^3/h	**2,6129**	**EFEKTİF VERİM %**	**% 96**
Isı yükü (EN 483'e göre) kW	**24,693**		
Nominal giriş ısı yükü kW	**25,380**		

Teorik Hesap yöntemi (Model 2) 50 – 30 °C

Isı yükü= Harcanan gaz miktarı . Gazın Üst ısıl değeri

Harcanan gaz miktarı = (Gaz sayacı düzeltme değeri) . (15 °C de ki düzeltme katsayısı) (tüketim).(3600 / test süresi)

$$= 0{,}9728 \,.\, 1.0080 \,.\, 0{,}2366 \,.\, \frac{3600}{300{,}5}$$

= 2,7798 m3/saat

Anma Isı Yükü= 2,7798 m3/saat x 9,78 Kwh/m3

Anma Isı Yükü = 27,187 Kw

Anma Isı gücü= (Gidiş ve dönüş su sıcaklıkları arasındaki fark).(Sistemde dolaşan suyun debisi kg)x (Suyun özgül ısısı)

Suyun özgül ısısı Cw= 1 KCalori/kg°C (0,86 kcal $\Rightarrow$ 1 Kw)

= (50,9 °C - 30,99 °C). Cw . 1127,4 kg/h

= 19,91 C . 1 Kcal/kg°C . 1127,4 Kg/h

= 22446,534 Kcal/h / 860

Anma Isı gücü = 26,1 Kw

Verim = Anma Isı Gücü / Anma Isı Yükü

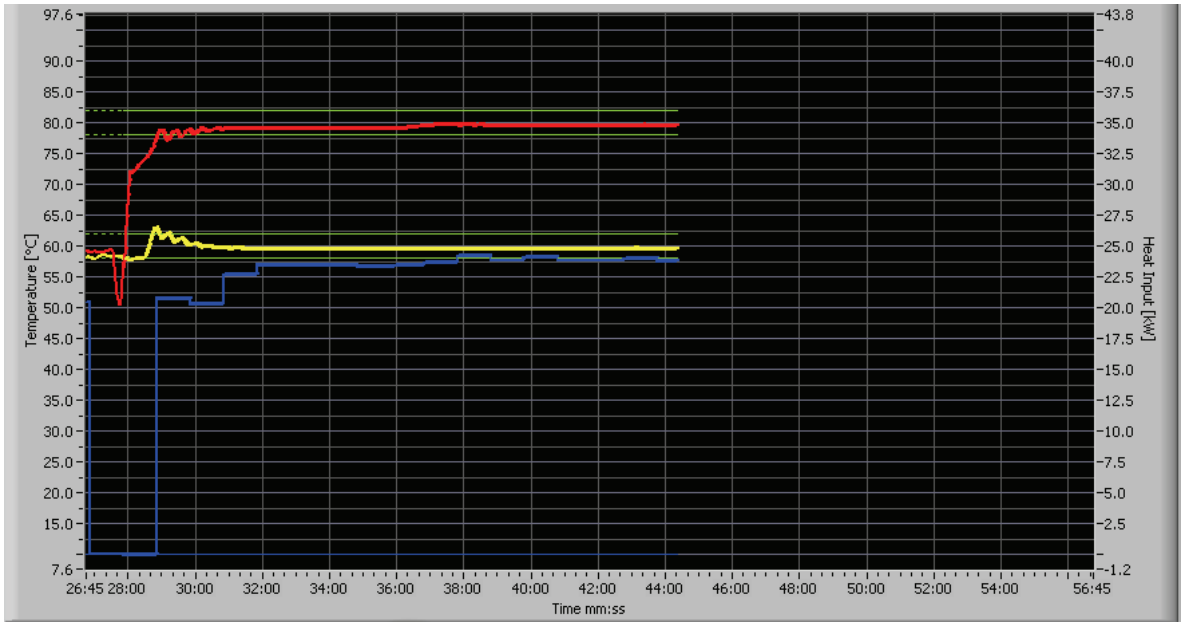
= 26,1 / 27,187

Verim = % 96

Şekil 5.17: Model 3 kombinin 80 °C gidiş 60 °C dönüş suyu sıcaklığı şartlarında verim testi değerleri



Şekil 5.18: Model 3 kombinin 80 °C gidiş 60 °C dönüş suyu sıcaklığı çalışma şartlarında rejime girmiş verim eğrisi



Çizelge 5.6 : Model 3 kombinin 80 °C gidiş 60 °C dönüş suyu sıcaklığı şartlarında verim testi

Referans gaz G30		**Efektif verim testi Tse EN 270**	
Tarih	**03/10/2009**	**ORTAM VERİLERİ**	
Zaman	**10:05**		
Test Süresi sn	**300**	**Ortam sıcaklığı** °C	**25,6**
Yükleme	**% 100**	**Ortam basıncı mbar**	**988,5**
G 30		**KOMBİ**	
Gazın Alt ısıl değeri Mj/m^3	**34,02**	**Tf** °C	**79,59**
Gaz yoğunluğu	**0,56**	**Tr** °C	**59,62**
Gaz sayacındaki basınç mbar	**27,8**	**Sistem su debisi L/h**	**1042,4**
Gaz giriş basıncı mbar	**21,4**	**Sistem su debisi Kg/h**	**1024,6**
Brülör basıncı mbar	**10,2**	**ÖLÇÜLEN ÇALIŞMA DEĞERLERİ**	
Gaz sıcaklığı °C	**25,3**		
Harcanan Gaz miktarı m^3	**0,2148**	**ANMA ISI YÜKÜ Kw**	**24,578 Kw**
Gaz sayacı düzeltmesi	**1,0081**		
K 15 *	**0,9683**		
Gaz rate 15 m^3/h	**2,5284**	**EFEKTİF VERİM %**	**% 96,8**
Isı yükü (EN 483'e göre) kW	**23,895**		
Nominal giriş ısı yükü kW	**24,616**		

Teorik Hesap yöntemi (Model 3) 80 – 60 °C

Isı yükü= Harcanan gaz miktarı . Gazın Alt ısıl değeri

Harcanan gaz miktarı = (Gaz sayacı düzeltme değeri) . (15 °C de ki düzeltme katsayısı) (tüketim).(3600 / test süresi)

$$= 0{,}9683 \cdot 1.0081 \cdot 0{,}2148 \cdot \frac{3600}{300{,}5}$$

= 2,513 m3/saat

Anma Isı Yükü= 2,513 m3/saat x 9,78 Kwh/m3

Anma Isı Yükü = 24,578 Kw

Anma Isı gücü= (Gidiş ve dönüş su sıcaklıkları arasındaki fark).(Sistemde dolaşan suyun debisi kg)x (Suyun özgül ısısı)

Suyun özgül ısısı Cw= 1 KCalori/kg°C (0,86 kcal $\Rightarrow$ 1 Kw)

= (79,59 °C – 59,62 °C). Cw . 1024,6 kg/h

= 19,97 °C . 1 Kcal/kg°C . 1024,6 Kg/h

= 20461,262 Kcal/h / 860

Anma Isı gücü = 23,792 Kw

Verim = Anma Isı Gücü / Anma Isı Yükü

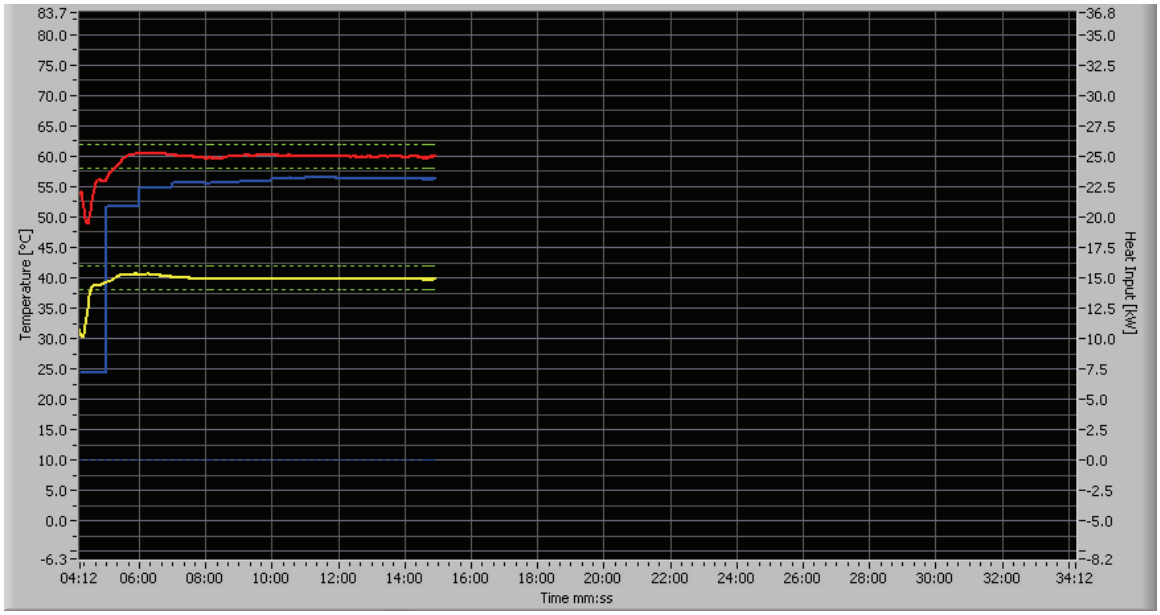
= 23,792/ 24,578

Verim = % 96,8

Şekil 5.19: Model 3 kombinin 60 °C gidiş 40 °C dönüş suyu sıcaklığı şartlarında verim testi değerleri



Şekil 5.20: Model 3 kombinin 60 °C gidiş 40 °C dönüş suyu sıcaklığı çalışma şartlarında rejime girmiş verim eğrisi



Çizelge 5.7 : Model 3 kombinin 60 °C gidiş 40 °C dönüş suyu sıcaklığı şartlarında verim testi

Referans gaz G30		**Efektif verim testi Tse EN 270**	
Tarih	**03/10/2009**	**ORTAM VERİLERİ**	
Zaman	**11:20**		
Test Süresi sn	**300**	**Ortam sıcaklığı** °C	**25,2**
Yükleme	**% 100**	**Ortam basıncı mbar**	**988,2**
G 30		**KOMBİ**	
Gazın Alt ısıl değeri Mj/m^3	**34,02**	**Tf** °C	**59,88**
Gaz yoğunluğu	**0,56**	**Tr** °C	**39,78**
Gaz sayacındaki basınç mbar	**28,0**	**Sistem su debisi L/h**	**1056,9**
Gaz giriş basıncı mbar	**21,6**	**Sistem su debisi Kg/h**	**1049,5**
Brülör basıncı mbar	**3,9**	**ÖLÇÜLEN ÇALIŞMA DEĞERLERİ**	
Gaz sıcaklığı °C	**25,4**		
Harcanan Gaz miktarı m^3	**0,2201**	**ANMA ISI YÜKÜ Kw**	**25,183 Kw**
Gaz sayacı düzeltmesi	**1,0083**		
K 15 *	**0,9681**		
Gaz rate 15 m^3/h	**2,4475**	**EFEKTİF VERİM %**	**% 97,4**
Isı yükü (EN 483'e göre) kW	**23,131**		
Nominal giriş ısı yükü kW	**23,835**		

Teorik Hesap yöntemi (Model 3) 60 – 40 °C

Isı yükü= Harcanan gaz miktarı . Gazın Üst ısıl değeri

Harcanan gaz miktarı = (Gaz sayacı düzeltme değeri) . (15 °C de ki düzeltme katsayısı) (tüketim).(3600 / test süresi)

$$= 0{,}9681 \,.\, 1.0083 \,.\, 0{,}2201 \,.\, \frac{3600}{300{,}5}$$

= 2,575 m3/saat

Anma Isı Yükü= 2,575 m3/saat x 9,78 Kwh/m3

Anma Isı Yükü = 25,183 Kw

Anma Isı gücü= (Gidiş ve dönüş su sıcaklıkları arasındaki fark).(Sistemde dolaşan suyun debisi kg)x (Suyun özgül ısısı)

Suyun özgül ısısı Cw= 1 KCalori/kg°C (0,86 kcal $\Rightarrow$ 1 Kw)

= (59,88 °C – 39,78 °C). Cw . 1049,5 kg/h

= 20,1 °C . 1 Kcal/kg°C . 1049,5 Kg/h

= 21094,95 Kcal/h / 860

Anma Isı gücü = 24,529 Kw

Verim = Anma Isı Gücü / Anma Isı Yükü

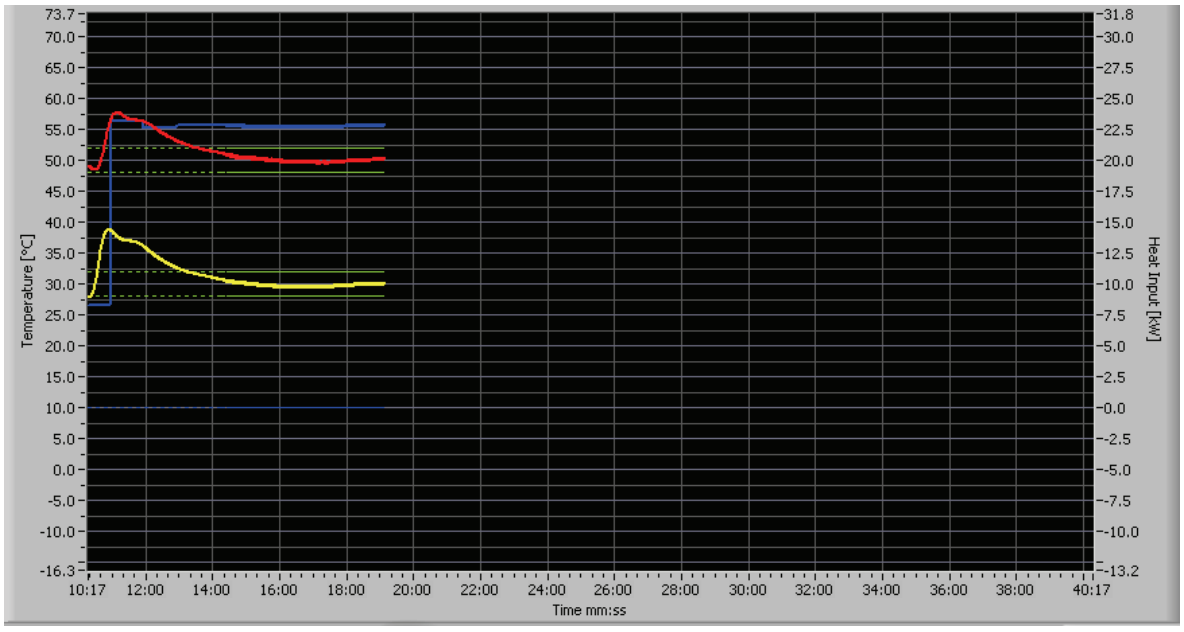
= 24,529 / 25,183

Verim = % 97,4

Şekil 5.21: Model 3 kombinin 50 °C gidiş 30 °C dönüş suyu sıcaklığı şartlarında verim testi değerleri



Şekil 5.22: Model 3 kombinin 50 °C gidiş 30 °C dönüş suyu sıcaklığı çalışma şartlarında rejime girmiş verim eğrisi



Çizelge 5.8 : Model 3 kombinin 50 °C gidiş 30 °C dönüş suyu sıcaklığı şartlarında verim testi

Referans gaz G30		**Efektif verim testi Tse EN 270**	
Tarih	**03/10/2009**	**ORTAM VERİLERİ**	
Zaman	**14:13**		
Test Süresi sn	**300**	**Ortam sıcaklığı** °C	**24,6**
Yükleme	**% 100**	**Ortam basıncı mbar**	**987,7**
G 30		**KOMBİ**	
Gazın Alt ısıl değeri Mj/m^3	**34,02**	**Tf** °C	**59,99**
Gaz yoğunluğu	**0,56**	**Tr** °C	**29,88**
Gaz sayacındaki basınç mbar	**22,9**	**Sistem su debisi L/h**	**1066,9**
Gaz giriş basıncı mbar	**20,6**	**Sistem su debisi Kg/h**	**1064,7**
Brülör basıncı mbar	**4**	**ÖLÇÜLEN ÇALIŞMA DEĞERLERİ**	
Gaz sıcaklığı °C	**24,8**		
Harcanan Gaz miktarı m^3	**0,2227**	**ANMA ISI YÜKÜ Kw**	**25,378 Kw**
Gaz sayacı düzeltmesi	**1,0083**		
K 15 *	**0,9646**		
Gaz rate 15 m^3/h	**2,4075**	**EFEKTİF VERİM %**	**% 98,1**
Isı yükü (EN 483'e göre) kW	**22,753**		
Nominal giriş ısı yükü kW	**23,430**		

Teorik Hesap yöntemi (Model 3) 50 – 30 °C

Isı yükü= Harcanan gaz miktarı . Gazın Üst ısıl değeri

Harcanan gaz miktarı = (Gaz sayacı düzeltme değeri) . (15 °C de ki düzeltme katsayısı) (tüketim).(3600 / test süresi)

$= 0{,}9646 \cdot 1.0083 \cdot 0{,}2227 \cdot \frac{3600}{300{,}5}$

= 2,5949 m3/saat

Anma Isı Yükü= 2,5949 m3/saat x 9,78 Kwh/m3

Anma Isı Yükü = 25,378 Kw

Anma Isı gücü= (Gidiş ve dönüş su sıcaklıkları arasındaki fark).(Sistemde dolaşan suyun debisi kg)x (Suyun özgül ısısı)

Suyun özgül ısısı Cw= 1 KCalori/kg°C (0,86 kcal $\Rightarrow$ 1 Kw)

= (49,99 °C – 29,88 °C). Cw . 1064,7 kg/h

= 20,11 °C . 1 Kcal/kg°C . 1064,7 Kg/h

= 21411,117 Kcal/h / 860

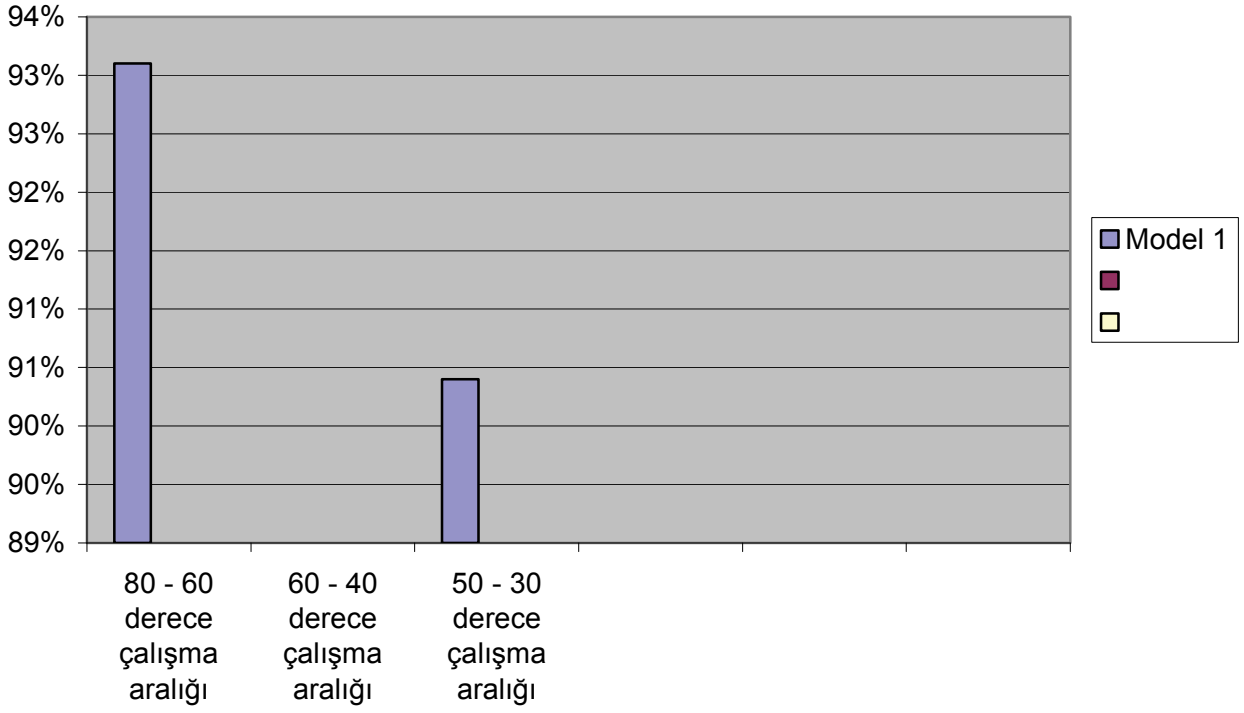
Anma Isı gücü = 24,896 Kw

Verim = Anma Isı Gücü / Anma Isı Yükü

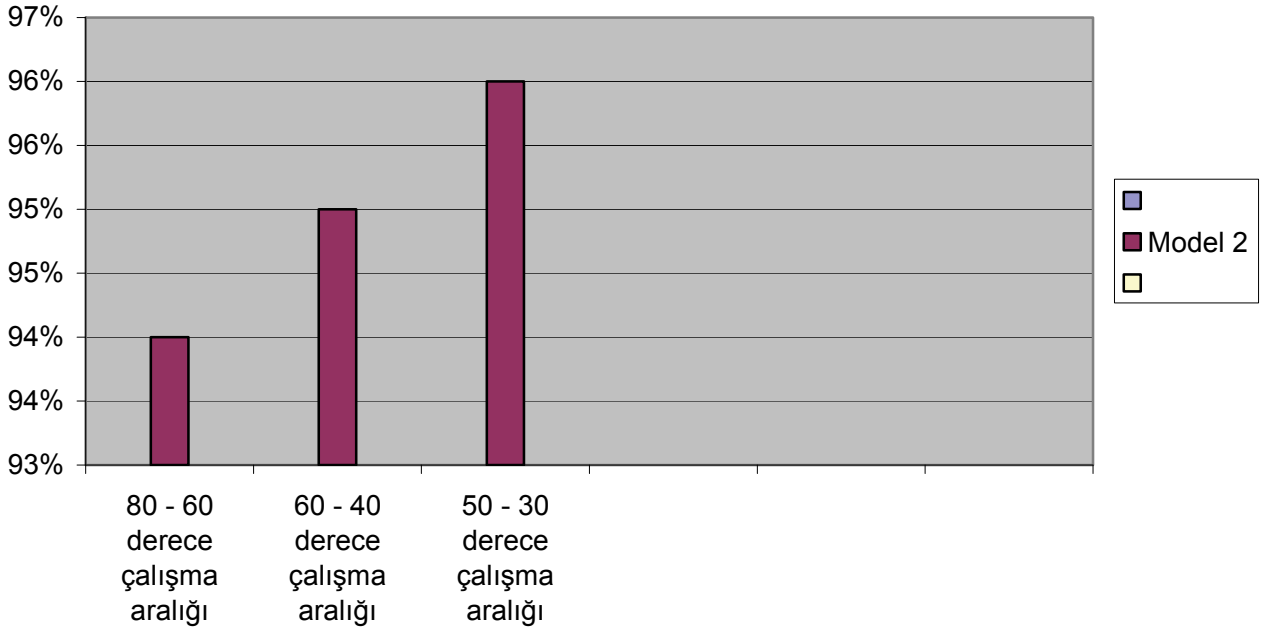
= 24,896 / 25,378

Verim = % 98,1

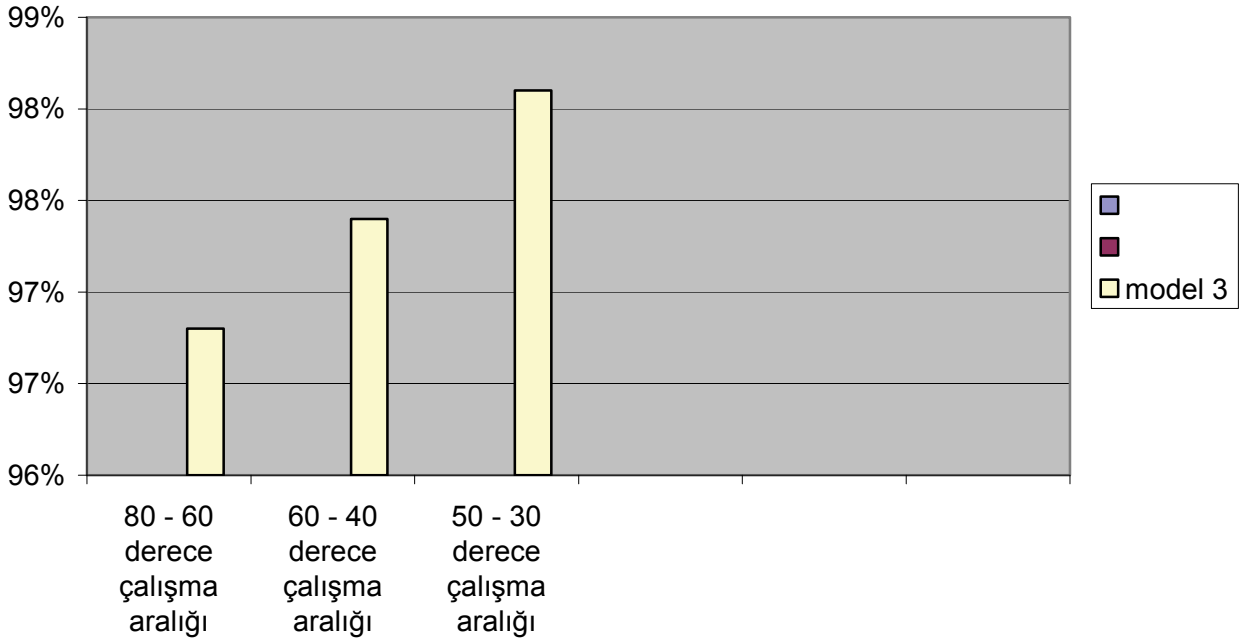
Şekil 5.23: Model 1 kombi nin farklı sıcaklık aralıklarında verim değişimi



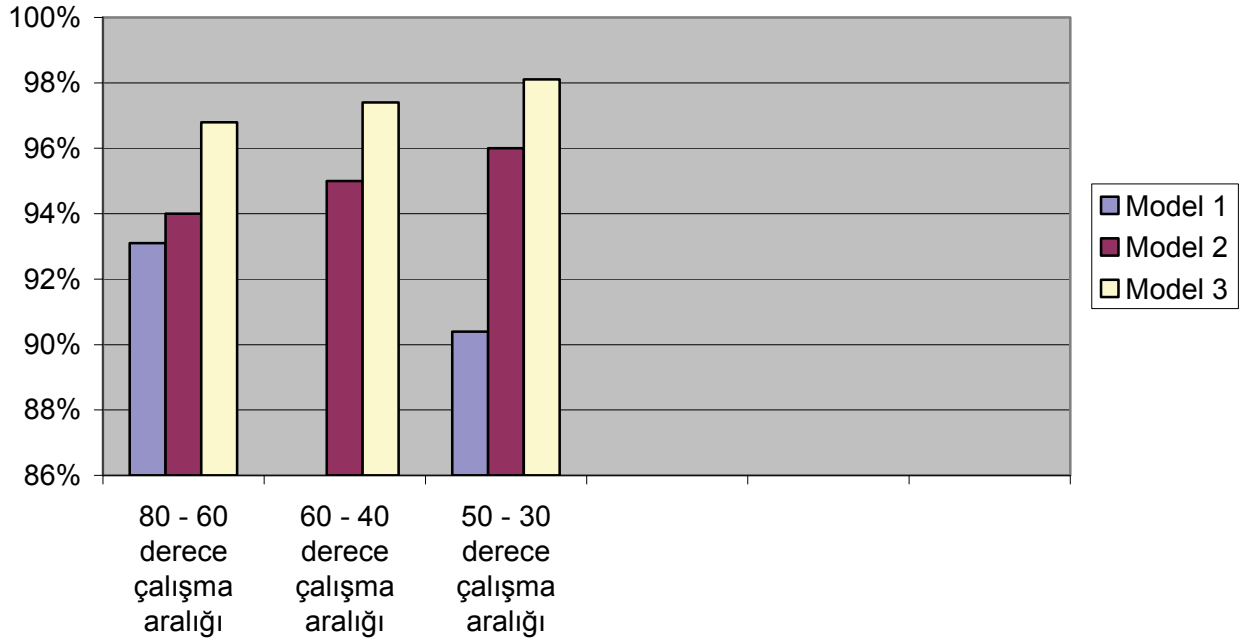
Şekil 5.24: Model 2 kombi nin farklı sıcaklık aralıklarında verim değişimi



Şekil 5.25: Model 3 kombi nin farklı sıcaklık aralıklarında verim değişimi



Şekil 5.26: Farklı yanma teknolojilerinde ki kombilerin farklı çalışma aralıklarında değişen verim değerleri



5.2 DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Kombilerin farklı sıcaklık aralıklarında çalıştırmaları verim değerlerinde de farklılıklar yaratmaktadır. Yoğuşma teknolojisine sahip kombilerde çalışma sıcaklık aralığının düşmesi kombi verimini arttırırken konvansiyonel kombilerde bu durum verimi düşürmektedir. Bunun sebebi konvansiyonel kombilerin çalışma prensibinden kaynaklanmaktadır. Konvansiyonel kombilerin yaktığı gaz miktarı değişsede yanma odasına alınan hava miktarı değişmemektedir. Bu sebep ile yüksek oksijenli bir yanma meydana gelmekte buna bağlı olarakta verim düşmektedir. Yoğuşmalı kombiler de ise baca gazının içerisindeki su buharında gizli olan ısı açığa çıkarılmakta ve bu radyatör devresinden gelen akışkana ön ısıtma süreci şeklinde dahil edilebilmektedir. Tesisat dönüş suyu baca eşanjöründe yanma sonu ürünleri ile ısı transferine sokulduğunda aradaki sıcaklık farkının büyük olması ısı transferinin de daha yüksek olmasına imkan sağlamaktadır. Bu sebep ile konvansiyonel kombiler yüksek sıcaklık aralıklarında bir oda termostadına bağlı çalıştırılmalıdır.

Yoğuşma teknolojisine sahip kombilerde ise sistemi en düşük sıcaklıklarda çalıştırabilecek şekilde hazırlanması önemlidir. Bunun için panel radyatör miktarına bağlı ısı transfer yüzeyini arttırma uygulaması olumlu sonuç verecektir. Ön karışımlı, fan modülasyonlu, sabit verimlilikte hava gaz karışımı yakabilen premix yoğuşmalı kombiler ise düşük sıcaklık çalışma şartları ve sabit verim ile nmayı birleştirerek en yüksek verim değerlerinin oluşmasını sağlamaktadır.

5.3 FARKLI ÇALIŞMA ARALIKLARINDA BACA GAZI ANALİZİ DENEYLERİ

Çizelge 5.9 : Model 1 kombinin (24 Kw) 80 – 60 °C aralığında İgdaş G 20 referans Gaz İçin Baca Gazı Analizi

Test kombi modeli	**Luna 3 240 Fİ (24 Kw)**
Test kombi verim değeri	%93,1
Test çalışması şartları	25 °C oda sıcaklığında çalışma şartları eğrisel rejime girdiğinde 300 sn çalışma şartları ortalamasına göre
Kombi çalışma şartları	Gidiş suyu sıcaklığı : 80 °C Dönüş suyu sıcaklığı: 60 °C
Test gazı	İGDAŞ G 20 referans test gazı
% O_2	8,47
CO (ppm)	63
NO (ppm)	77
NO_X (ppm)	81
H_2 (ppm)	22
% CO_2	9,02
Baca gazı sıcaklığı °C	141,6
Cidar sıcaklığı °C	52,3
Effektif N	91,7
Effektif G	83,2
Excess air	67,7
Ortalama hava sıcaklığı	26,7
% referans O_2	3
% CO_2	11,7

Çizelge 5.10: Model 1 kombinin (24 Kw) 50 – 30 °C aralığında İgdaş G 20 referans Gaz İçin Baca Gazı Analizi

Test kombi modeli	**Luna 3 240 Fİ (24 Kw)**
Test kombi verim değeri	%90,4
Test çalışması şartları	25 °C oda sıcaklığında çalışma şartları eğrisel rejime girdiğinde 300 sn çalışma şartları ortalamasına göre
Kombi çalışma şartları	Gidiş suyu sıcaklığı : 50 °C Dönüş suyu sıcaklığı: 30 °C
Test gazı	İGDAŞ G 20 referans test gazı
% O_2	12,23
CO (ppm)	47
NO (ppm)	68
NO_X (ppm)	18
H_2 (ppm)	9
% CO_2	2,70
Baca gazı sıcaklığı °C	116
Cidar sıcaklığı °C	38,9
Effektif N	85,5
Effektif G	77,7
Excess air	333
Ortalama hava sıcaklığı	26,8
% referans O_2	3
% CO_2	11,7

Çizelge 5.11: Model 2 (24 kw) 80 – 60 °C aralığında İgdaş G 20 referans Gaz İçin Baca Gazı Analizi

Test kombi modeli	**Luna 3 avant 240 Fİ (24 kw)**
Test kombi verim değeri	%94
Test çalışması şartları	25 °C oda sıcaklığında çalışma şartları eğrisel rejime girdiğinde 300 sn çalışma şartları ortalamasına göre
Kombi çalışma şartları	Gidiş suyu sıcaklığı : 80 °C Dönüş suyu sıcaklığı: 60 °C
Test gazı	İGDAŞ G 20 referans test gazı
% O_2	7,21
CO (ppm)	56
NO (ppm)	31
NO_X (ppm)	28
H_2 (ppm)	21
% CO_2	7,68
Baca gazı sıcaklığı °C	85
Cidar sıcaklığı °C	53,9
Effektif N	96,4
Effektif G	87,4
Excess air	52,3
Ortalama hava sıcaklığı	26
% referans O_2	3
% CO_2	11,7

Çizelge 5.12: Model 2 (24 kw) 60 – 40 °C aralığında İgdaş G 20 referans Gaz İçin Baca Gazı Analizi

Test kombi modeli	**Luna 3 avant 240 Fİ (24 kw)**
Test kombi verim değeri	%95
Test çalışması şartları	25 °C oda sıcaklığında çalışma şartları eğrisel rejime girdiğinde 300 sn çalışma şartları ortalamasına göre
Kombi çalışma şartları	Gidiş suyu sıcaklığı : 60 °C Dönüş suyu sıcaklığı: 40 °C
Test gazı	İGDAŞ G 20 referans test gazı
% O_2	7,37
CO (ppm)	49
NO (ppm)	30
NO_X (ppm)	26
H_2 (ppm)	16
% CO_2	7,59
Baca gazı sıcaklığı °C	73
Cidar sıcaklığı °C	53,7
Effektif N	97,5
Effektif G	88,4
Excess air	54,1
Ortalama hava sıcaklığı	25,4
% referans O_2	3
% CO_2	11,7

Çizelge 5.13: Model 2 (24 kw) 50 – 30 °C aralığında İgdaş G 20 referans Gaz İçin Baca Gazı Analizi

Test kombi modeli	**Luna 3 avant 240 Fİ (24 kw)**
Test kombi verim değeri	%96
Test çalışması şartları	25 °C oda sıcaklığında çalışma şartları eğrisel rejime girdiğinde 300 sn çalışma şartları ortalamasına göre
Kombi çalışma şartları	Gidiş suyu sıcaklığı : 50 °C Dönüş suyu sıcaklığı: 30 °C
Test gazı	İGDAŞ G 20 referans test gazı
% O_2	7,68
CO (ppm)	39
NO (ppm)	23
NO_X (ppm)	19
H_2 (ppm)	7
% CO_2	7,42
Baca gazı sıcaklığı °C	61
Cidar sıcaklığı °C	49,8
Effektif N	97,8
Effektif G	88,7
Excess air	57,6
Ortalama hava sıcaklığı	26,1
% referans O_2	3
% CO_2	11,7

Çizelge 5.14: Model 3 (24 kw) 80 – 60 °C aralığında İgdaş G 20 referans Gaz İçin Baca Gazı Analizi

Test kombi modeli	**Duo tec 240 (24 Kw)**
Test kombi verim değeri	%96,8
Test çalışması şartları	25 °C oda sıcaklığında çalışma şartları eğrisel rejime girdiğinde 300 sn çalışma şartları ortalamasına göre
Kombi çalışma şartları	Gidiş suyu sıcaklığı : 80 °C Dönüş suyu sıcaklığı: 60 °C
Test gazı	İGDAŞ G 20 referans test gazı
% O_2	4,81
CO (ppm)	37
NO (ppm)	14
NO_X (ppm)	15
H_2 (ppm)	17
% CO_2	8,67
Baca gazı sıcaklığı °C	68
Cidar sıcaklığı °C	56,5
Effektif N	96,7
Effektif G	87,7
Excess air	29,7
Ortalama hava sıcaklığı	29,9
% referans O_2	3
% CO_2	11,7

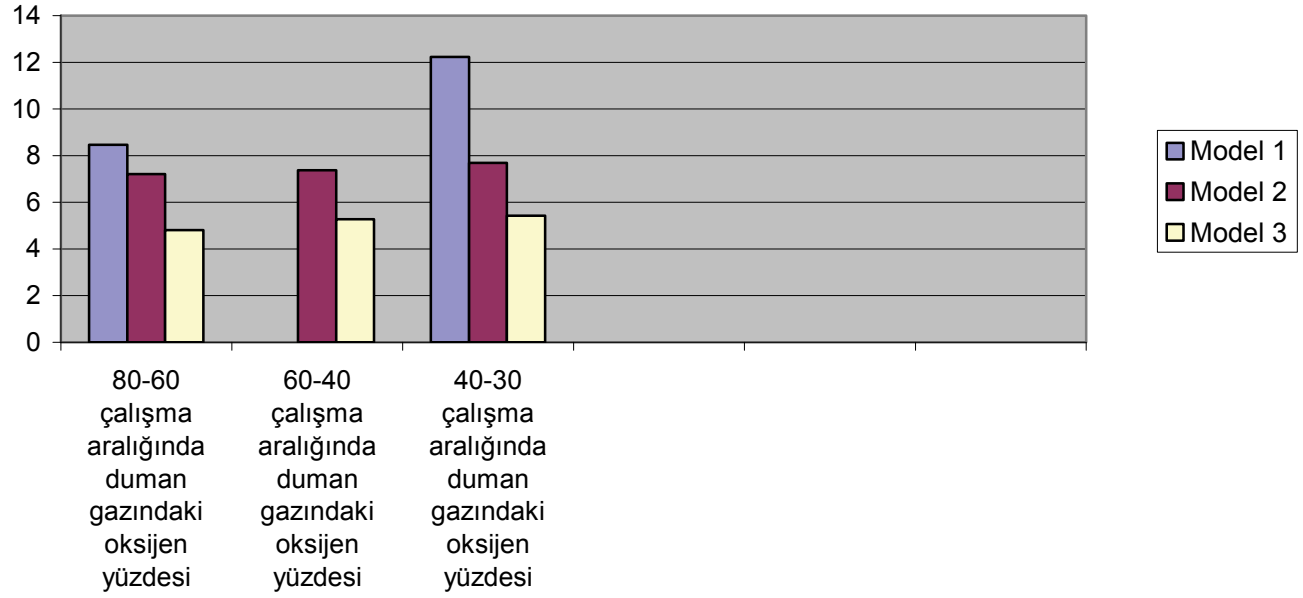
Çizelge 5.15: Model 3 (24 Kw) 60 – 40 °C aralığında İgdaş G 20 referans Gaz İçin Baca Gazı Analizi

Test kombi modeli	**Duo tec 240 (24 Kw)**
Test kombi verim değeri	%97,4
Test çalışması şartları	25 °C oda sıcaklığında çalışma şartları eğrisel rejime girdiğinde 300 sn çalışma şartları ortalamasına göre
Kombi çalışma şartları	Gidiş suyu sıcaklığı : 60 °C Dönüş suyu sıcaklığı: 40 °C
Test gazı	İGDAŞ G 20 referans test gazı
% O_2	5,28
CO (ppm)	28
NO (ppm)	13
NO_X (ppm)	14
H_2 (ppm)	14
% CO_2	7,44
Baca gazı sıcaklığı °C	54
Cidar sıcaklığı °C	56
Effektif N	97,5
Effektif G	88,4
Excess air	33,6
Ortalama hava sıcaklığı	29,9
% referans O_2	3
% CO_2	11,7

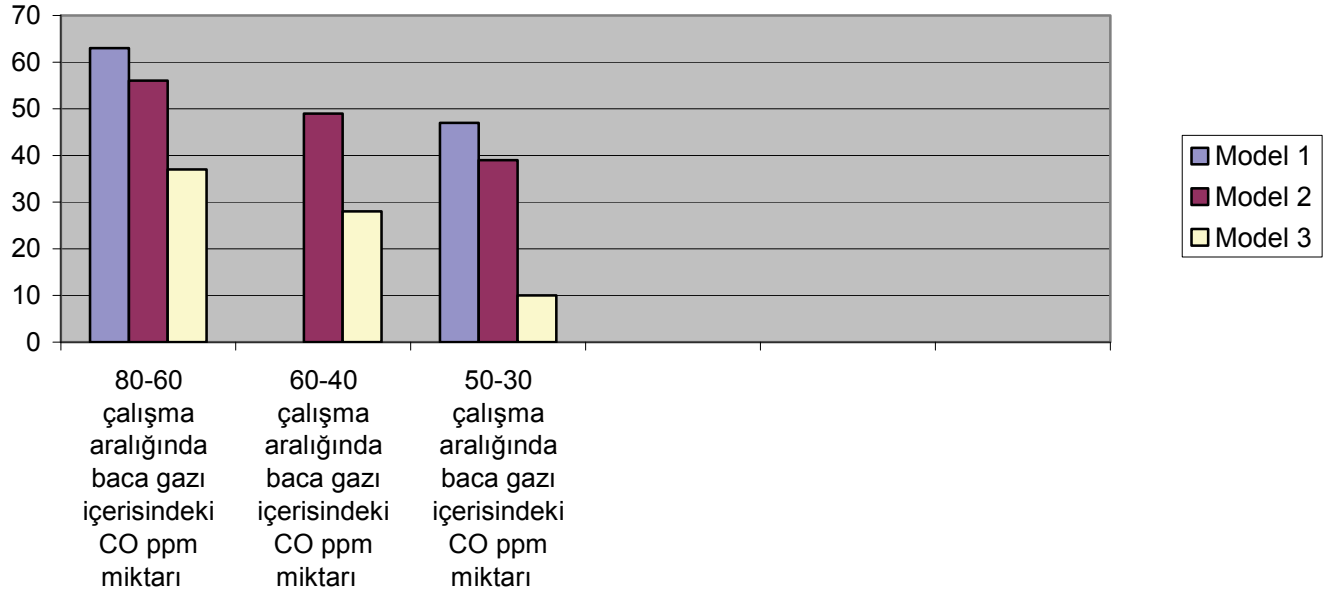
Çizelge 5.16: Model 3 (24 Kw) 50 – 30 °C aralığında İgdaş G 20 referans Gaz İçin Baca Gazı Analizi

Test kombi modeli	**Duo tec 240 (24 Kw)**
Test kombi verim değeri	%98,1
Test çalışması şartları	25 °C oda sıcaklığında çalışma şartları eğrisel rejime girdiğinde 300 sn çalışma şartları ortalamasına göre
Kombi çalışma şartları	Gidiş suyu sıcaklığı : 50 °C Dönüş suyu sıcaklığı: 30 °C
Test gazı	İGDAŞ G 20 referans test gazı
% O_2	5,43
CO (ppm)	10
NO (ppm)	11
NO_X (ppm)	13
H_2 (ppm)	3
% CO_2	6,43
Baca gazı sıcaklığı °C	54,4
Cidar sıcaklığı °C	54,4
Effektif N	97,9
Effektif G	88,7
Excess air	34,9
Ortalama hava sıcaklığı	28,4
% referans O_2	3
% CO_2	11,7

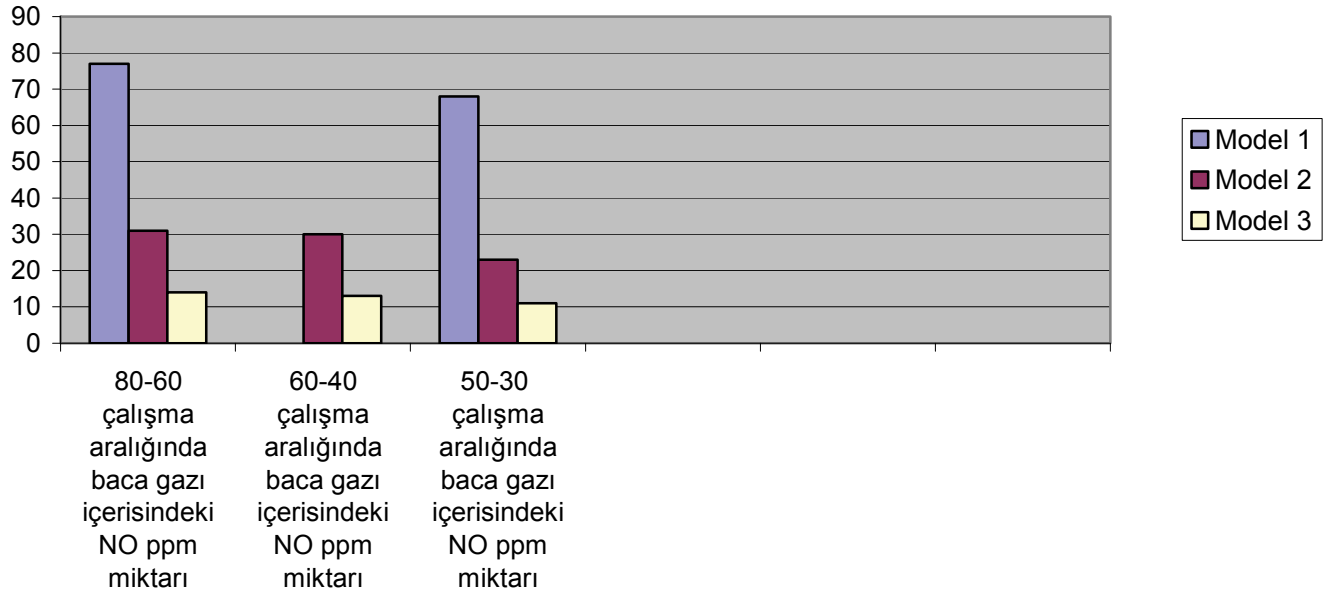
Şekil 5.27 : % O_2 miktarının farklı yanma verimine sahip kombilerde farklı çalışma aralıklarında değişimi



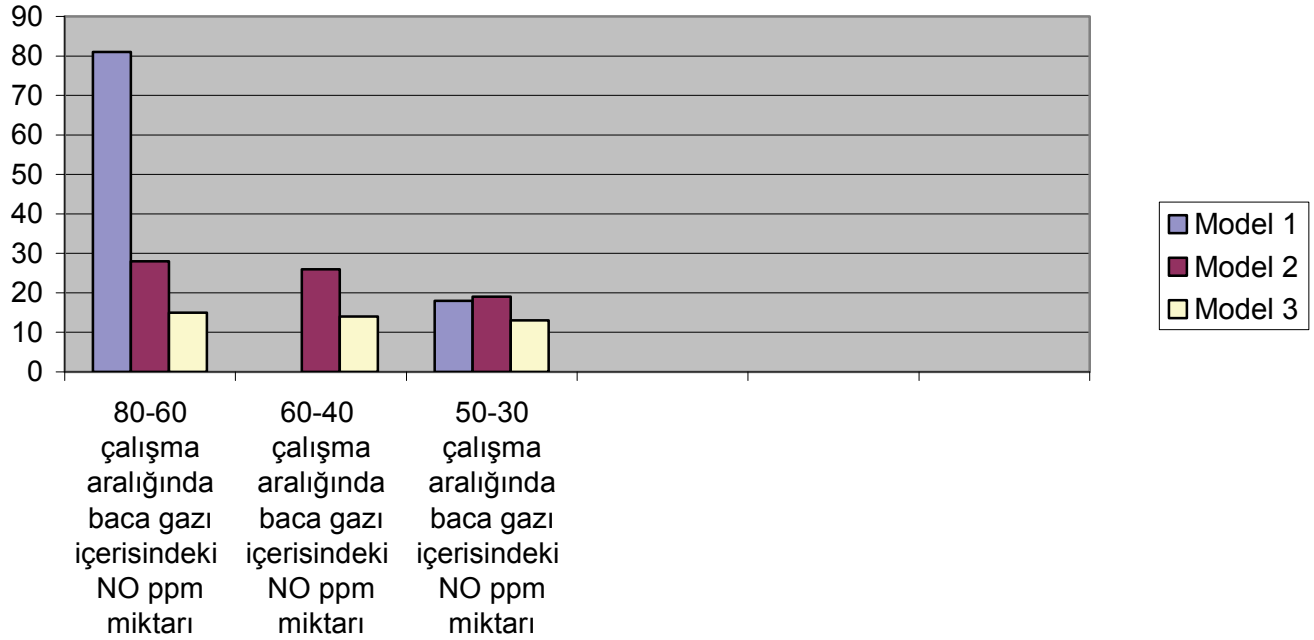
Şekil 5.28: CO (ppm) miktarının farklı yanma verimine sahip kombilerde farklı çalışma aralıklarında değişimi



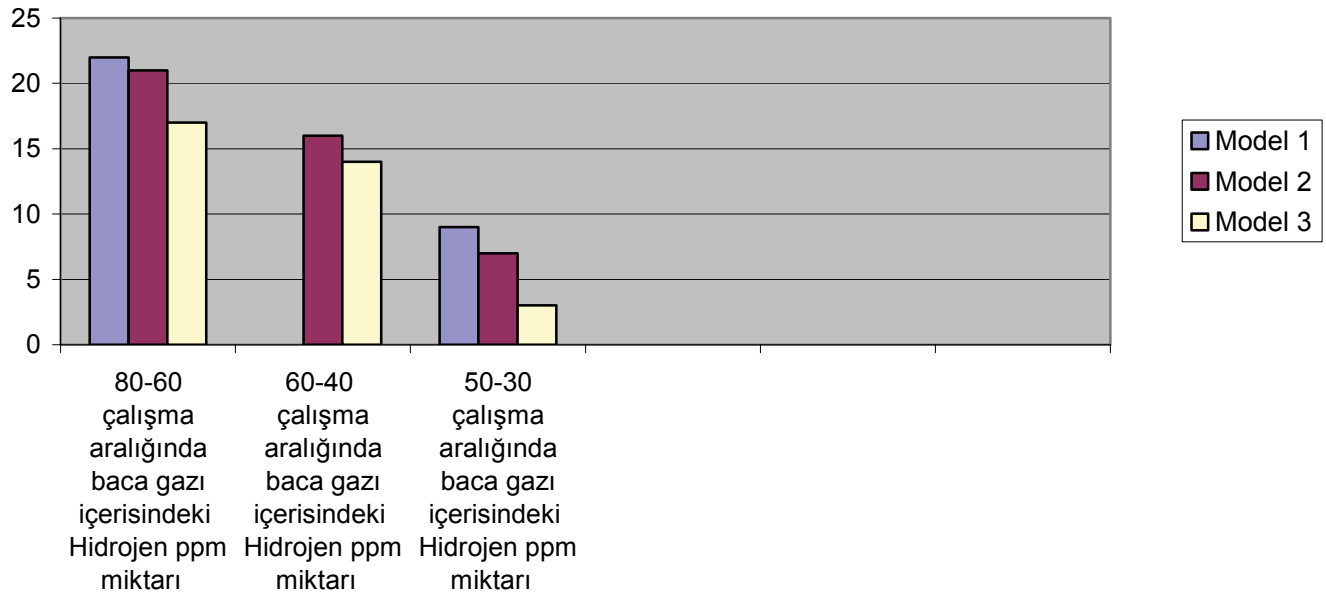
Şekil 5.29: NO (ppm) miktarının farklı yanma verimine sahip kombilerde farklı çalışma aralıklarında değişimi



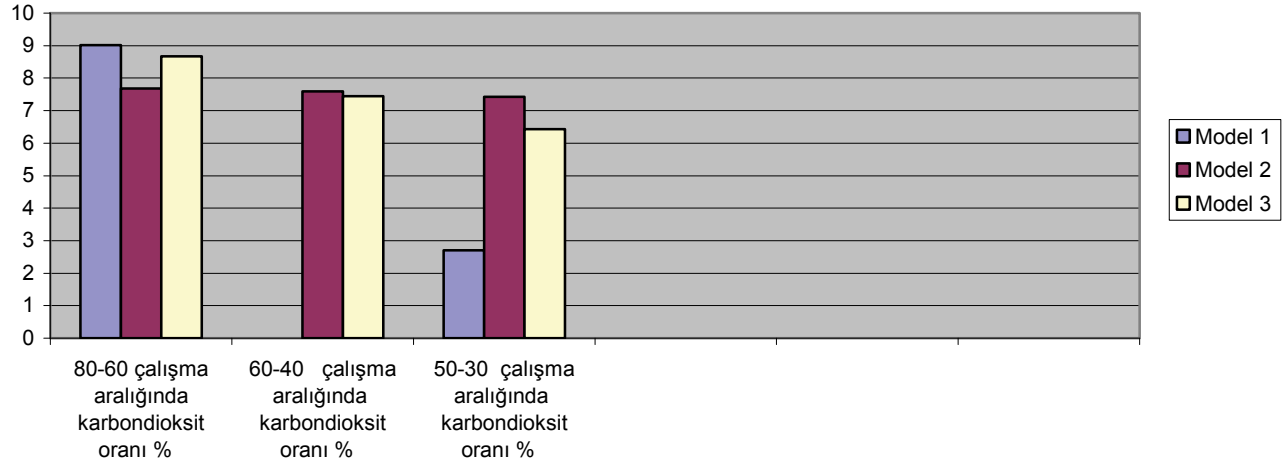
Şekil 5.30: NO_X (ppm) miktarının farklı yanma verimine sahip kombilerde farklı çalışma aralıklarında değişimi



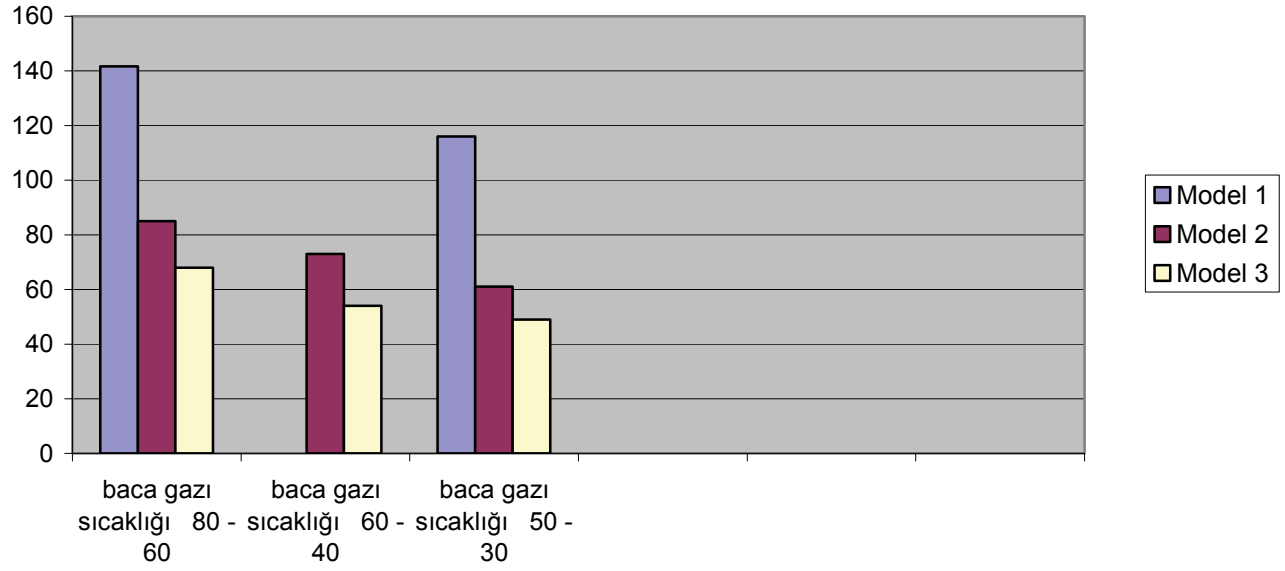
Şekil 5.31: H_2 (ppm) miktarının farklı yanma verimine sahip kombilerde farklı çalışma aralıklarında değişimi



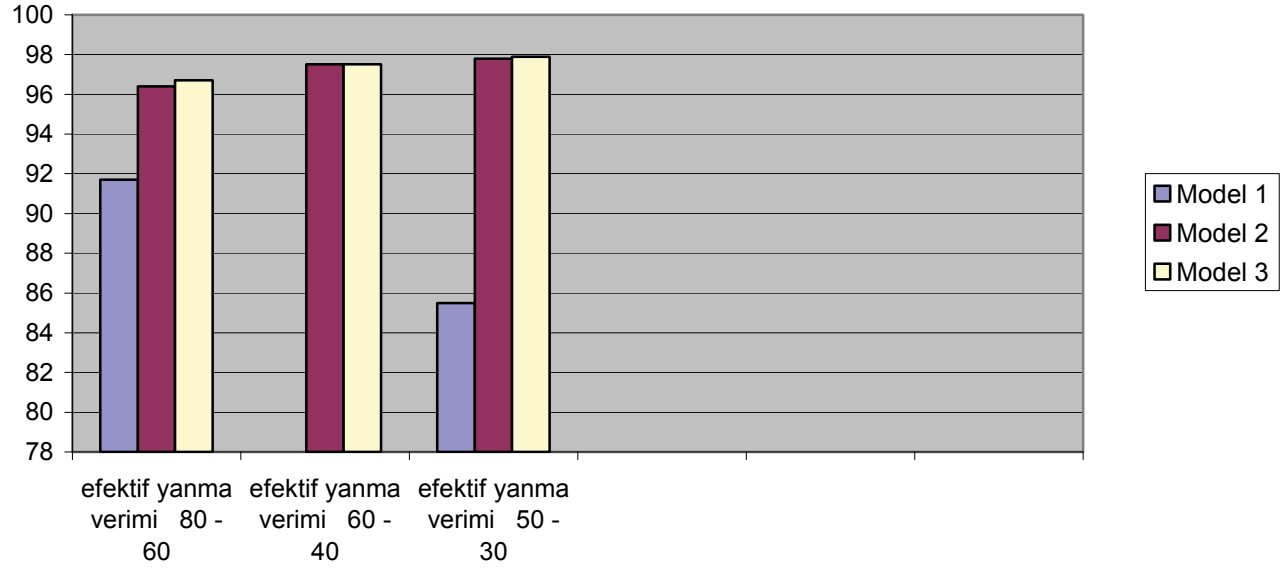
Şekil 5.32: % CO_2 (ppm) miktarının farklı yanma verimine sahip kombilerde farklı çalışma aralıklarında değişimi



Şekil 5.33: Baca gazı sıcaklığının farklı yanma verimine sahip kombilerde farklı çalışma aralıklarında değişimi



Şekil 5.34: Farklı yanma teknolojilerine sahip kombilerde farklı çalışma aralıklarında verim değişimi



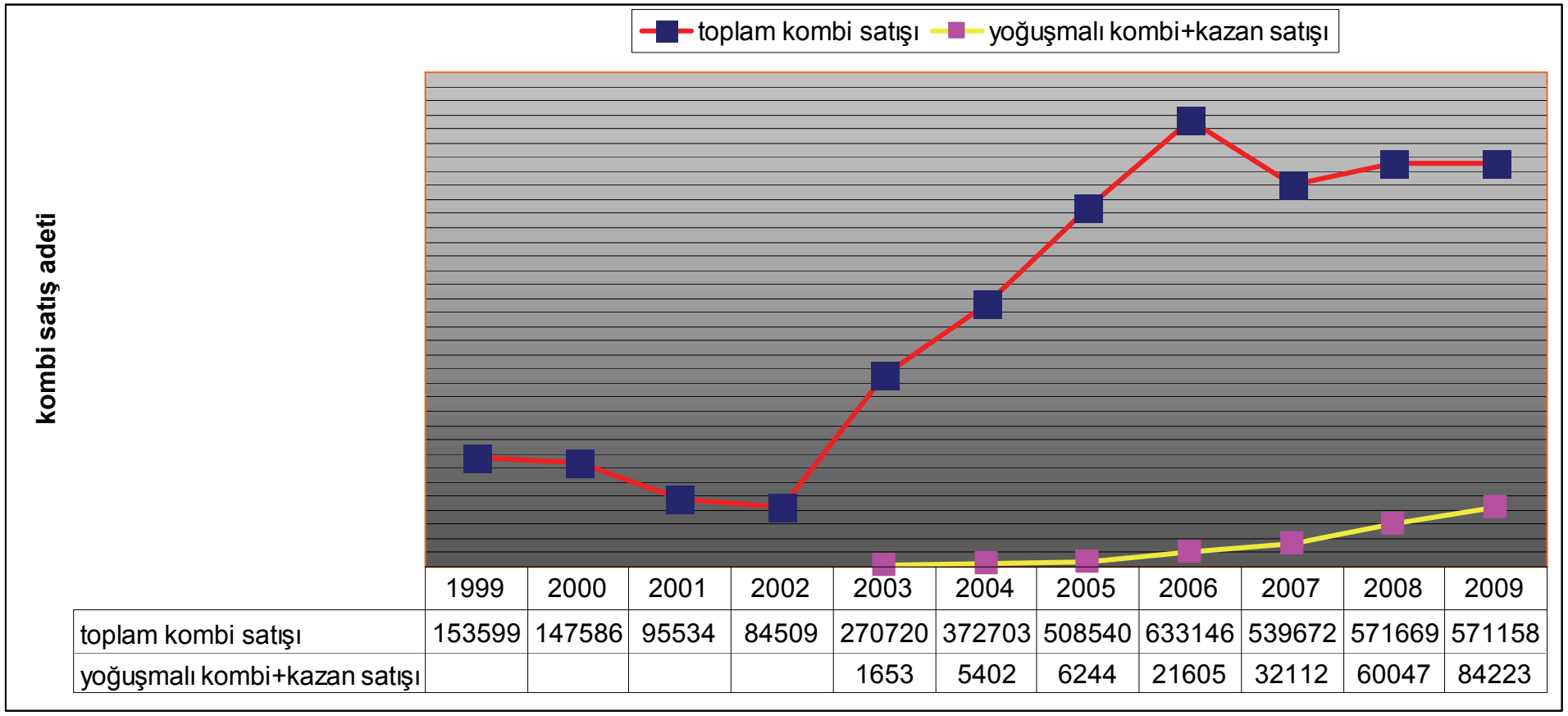
5.4 DENEY SONUÇLARININ EMİSYON MİKTARLARI AÇISINDAN YORUMU

Tüm kombi çeşitlerinde çalışma aralığının yüksek olduğu durumda % O_2 oranı düşük seviyededir. Konvansiyonel bir yanma teknolojisine sahip Model 1 kombi de çalışma aralığı değiştiğinde yanma sonu ürünleri içerisindeki hacimsel oksijen yüzdesi de hızla artmaktadır. Bunun sebebi baca gazı sıcaklığının yüksek olmasıdır. Özellikle sabit devir ile dönen fan grubunun yanma odasına taşıyacağı hava miktarı değişmeyeceği için cihaz düşük sıcaklıklarda çalıştığı zaman ortamda yakılacak yakıtın ideal yanmasına yetecek oksijeni içeren havadan daha fazlası bulunmaktadır. Yanma reaksiyonuna girmeyen bu hava, ortamda ısınarak bacadan atılmakta böylece baca içerisindeki oksijen oranını arttırmaktadır. Baca gazı sıcaklığı bir eşanjör ile tesisat dönüş suyu sıcaklığına aktarılması prensibi ile çalışan Model 2 serisi yoğuşmalı kombide ise çalışma aralığı değişimlerinde oksijen konsantrasyonun çok değişmediğini görüyoruz. Bunun temel sebebi baca sıcaklığının konvansiyonel kombilere göre daha düşük olmasıdır. Ön karışım prensibi ile çalışan premix yoğuşmalı kombi Model 3 te ise hava ve gaz oranı elektronik olarak ayarlandığı için yanmanın kalitesinin ve veriminin arttığı açıkça görülmektedir. Neden olduğu enerji kaybı ve islilik sonucu kirlenme nedeniyle karbonmonoksit, baca gazları içerisinde arzu edilmemekte ve emisyon kabul edilmektedir. Yakıta verilen oksijen artırılarak, eksik yanma tamamlanmak suretiyle karbonmonoksit mutlaka karbondioksite dönüştürülmelidir. Baca gazı analizlerinde karbonmonoksit miktarı 100 ppm değerine kadar normal kabul edilebilmektedir. CO miktarı olarak bakıldığında konvansiyonel yakıcı cihazlarda yanma odasına alınan yüksek hava miktarı ve buna bağlı oksijen fazlalığı CO'in büyük kısmının CO_2 ye dönüşmesine neden olmuştur.

Ancak bu durum NO ve NO_X oranlarında daha büyük çevre sorunlarına yol açmaktadır. Yakıt cinsine bağlı olarak, yanma odasına verilen havanın fazlalık katsayısı ile kombi dizaynından kaynaklanan nedenlerle oluşan azotoksitler, çevre açısından emisyon kabul edilmektedir.

Kombileri terk eden baca gazlarının, mümkün mertebe düşük sıcaklıkta olması istenmektedir. Gereğinden fazla yakıt debisi, yetersiz kombi ısıtma yüzeyi yüksek baca gazı sıcaklığına neden olmaktadır. Burada dikkat edilmesi gereken önemli husus, baca gazı analizlerinin kombi anma gücüne uygun yakıt debisinde yapılmasıdır. Yüksek baca gazı sıcaklığı verim kaybı demektir. Bu nedenle, içerisinde yoğuşmaya izin verilmeyen konvansiyonel kombilerde doğalgaz kullanımında 130-150 °C baca gazı sıcaklıkları uygun değerler olarak kabul edilebilmektedir. Bunun yanında bu aralıkta yüksek NO ve NO_X oluşmakta bunun sonucunda da çevre kirliliği meydana gelmektedir. Her 20 °C baca gazı sıcaklık düşümü, verimde %1 artışa neden olmaktadır. Yoğuşma teknolojisinin kullanılması ile baca gazı sıcaklığı 55°C altına indirilmekte ve bu sayede % 10 luk bir verim artışı yakalanmaktadır. Bu verim artışı ile beraber NO ve NO_X oluşumuda konvansiyonel kombilere göre %80 gibi çok yüksek bir oranda azalmaktadır.

Şekil 6.1 Türkiye'de 1999-2009 yılları arasında satılan kombi adetleri ve bunun içerisindeki yoğuşma teknolojisine sahip cihaz oranı



	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
toplam kombi satışı	153599	147586	95534	84509	270720	372703	508540	633146	539672	571669	571158
yoğuşmalı kombi+kazan satışı					1653	5402	6244	21605	32112	60047	84223

Dosider sektör envanterleri incelemesi ile hazırlanmıştır.

6.1.1 DOĞALGAZ YAKAN CİHAZLARDA YOĞUŞMA TEKNOLOJİSİNİN ÇEVRESEL VE EKONOMİK KAZANIMLARI

Enerjinin daha zor temini ve fiyatlarındaki artış, daha temiz bir çevre gereksinimi için kamudan gelen sosyal talep diğer enerji transferi sağlayan cihazlar gibi ısıtma cihazlarında da yeni kavramların ortaya çıkmasını sağlamıştır. Bu konuda gittikçe önem kazanan yeni bir yakma tekniği, ön karışımlı (premix) brülörleri ve atık gazın içerisindeki su buharının yoğuşma gizli ısısını kullanarak ilave verim artışı sağlamaktadır. Yoğuşmalı kazanların Kuzey Avrupa'daki gelişmiş ülkelerde kullanımı zorunlu hale gelmiştir. Çevre bilincinin artmasıyla beraber yönetimlerce daha az zararlı yanma ürünleri çıkartan cihazların kullanılması için getirilen zorunluluklar, ısı yalıtımının önem kazanarak ısınma konforu için daha az enerjiye gereksinim duyan binaların yapılması, enerji maliyetlerinin gittikçe artan bir eğilime girmesi ısıtma cihazlarında oluşan talebin yönünü; daha az enerji tüketen, daha kompakt, çevreye daha çok duyarlı cihazlara yönlendirmiştir. Bugün Avrupa'nın Almanya, İsviçre, Danimarka, Hollanda gibi gelişmiş ülkelerinde yürürlüğe giren yerel kurallar bu özelliği taşımayan cihazların kullanılmasını imkansız hale getirmiştir. Bu zorunluluklar, yakıt ekonomisi ve düşük atık gaz emisyonları talebini karşılayan yoğuşmalı sistemle çalışan kazan sistemlerinin ortaya çıkmasına neden olmuştur. Bu tip kazanlarda genel olarak görülen yapı, klasik aynı kapasiteli kazanlara nazaran daha geniş alanlı tasarlanan döküm alüminyum veya paslanmaz çelik ısı değiştirici ve özel ön karıştırmalı brülör sistemleri ile gelişmiş bir elektronik kontrol ünitelerine sahip olmlarıdır.

Türkiye doğalgaz da dışa bağımlı bir ülkedir. Almış olduğu doğalgaz ın %55 ni elektrik enerjisi elde etmek için kullanmakta kalan kısmın büyük çoğunluğu konutlarda ısınma ve sıcak kullanım suyu temin etmek için harcanmaktadır.

Türkiye yaptığı enerji anlaşmaları sebebi ile üretici ülkelere alım garantisi vermiştir. Bu sebep ile doğalgaz kullanımı gelecekte de artarak devam edecektir. Konutlarda kullanılan doğalgaz ın diğer fosil yakıtlara göre çevresel katkıları olsada doğalgaz kullanan cihazların yakıcı teknolojilerinin de kendi arasında ciddi emisyon farklılıkları bulunmaktadır. Yaptığım deneylerde yoğuşma teknolojisine sahip kombilerin konvansiyonel kombilere göre bu emisyon farklılıklarını baca gazı analizleri ile de tespit ettim. Yoğuşma teknolojisine sahip kombilerin daha yüksek verimleri de bu deneyler de teorik ve deneysel olarak ispat edildi. Çalışmamın en önemli amacı İstanbul , Bursa , Ankara ve Eskişehir gibi 10 yılı aşkın süredir doğalgaz kullanılan şehirlerde ömrü 10 yılı geçmiş değişim zamanı gelmiş kombi cihazlarında tüketici tercihlerinin yaratacağı ekonomik kazançları belirtmekti. Gaz dağıtım şirketleri ile yaptığım görüşmeler sonucunda Türkiye'de ekonomik ömrünü tamamlamış, hem çalışma verimi düşük hem de işletme güvenliği günümüz standartlarının çok gerisinde 3.500.000 den fazla kombi cihazı var. Bu kombilerin ortalama bakım maliyetleri yıllık 100 tl nin üzerindedir. Yoğuşmalı kombilere göre değişim sürecini bekleyen bu kombilerin tüketim değerleri ortalama %20 daha fazladır. Türkiye de ortalama bir kombinin yıllık tüketim değeri 1200 tl'dir. Değişim zamanı gelmiş kombilerin Türkiye'de yarattığı yıllık ilave maliyet kombi başına ortalama 350 tl civarındadır. 3.500.000 kombiden oluşan maliyet ise 1225000000 tl/yıl'dir. Değişim zamanı gelmiş bu kombilerin deneyler de görüldüğü gibi emisyon değerlerinin %20-%80 oranında düşürülebilmesi ve ülkemizin imzaladığı Kyoto Protokolü'nün sonucunda içinde bulunduğumuz yükümlülükler göz önüne alındığında bir dönüşüm projesi ve bunun kullanıcıya yönelik teşvik ve kredilerinin ulusal bir politika olarak oluşturulması çok büyük önem kazanmıştır.

KAYNAKLAR

1-)Akaryıldız , (2002) Yoğuşmalı Kazanların Türkiye deki İklim Bölgelerine Ve Isıtma Sistemlerine Göre Analizi YTÜ FBE Yük Lisans Tezi

2-)Bilgiç M. (2001) Kazan Dairesi El Kitabı , Üniversal Isı A.Ş.

3-)Çelik Celalettin (Viessmann Isı Teknikleri AŞ) 1997 Kazanlar da Kondensasyon Teknolojisi (Mayıs 1997 Doğalgaz Dergisi)

4-)BROAG Ltd Seagold Boilers katalogları

5-)Eral H (ECA Isı Grubu AŞ EMAS) Modern Yoğuşmalı Kazanlar da Kullanılan Yanma Kontrol Sistemleri. (Ocak 2002 Doğalgaz dergisi)

6-)FERROLİ Ürün Katalogları

7-)BUDERUS Yoğuşmalı Kombi ve Kazan Katalogları

8-)Onat K , Buhar Kazanları Isıl Hesapları (Teknik Yayıncılık Tanıtım AŞ 1997)

9-)Öztürk A Termodinamik Isı Geçiş Ve Tabloları (Çağlayan Kitabevi)

10-)Schlee Kondensasyon Kazanları Üst Isıl Değer Tekniği (Doğalgaz Dergisi 1997)

11-)Sonntang R , Borgnakke C , Wylen G J fundamentals of thermodynamics (John Wiley & Sons inc 1997)

12-)Sungu B Enerji Ekonomisi Ders Notları

13-)Arısoy L H Çevre ve Cep Dostu Doğal Gaz & Enerji Yönetimi Kongre Ve Sergisi Bildiriler Kitabı

14-)Basu P , Kefa C , Jestin L Boilers And Burners Design And Theory (2000)

15-)Isıtma Sistemlerindeki Gelişmeler , Isısan Çalışmaları No 177

16-)Kakaç S Kazan ve Evapertör ve Çalışmaları (1991)

17-)Köktürk U , Isıtma Tekniği Cilt 1 , Isıtma sistemlerinin tasarımı Ve Isıtma Sistemlerine İlişkin Temel Hesaplar

18-)Viessmann Üst ısıl Değer Tekniği , Mesleki yayınlar serisi No : 1 (2003)

19-)Küçükçalı R , Arısoy A Isısan Çalışmaları (2000)

20-)Pratikte Üst Isıl Değerden Faydalanma , Mesleki yayınlar serisi No :2

21-)Yahşi O S , Doğalgaz ve Türkiye (Nisan 2002) Doğalgaz ve Enerji Dergisi

22-)Termodinamik Cilt 1 Termodinamiğin Temel Yasaları Prof.Dr.A.BÜYÜKTÜR (1995)

23-) Termodinamik Cilt 2 Uygulama Esasları Prof.Dr.A.BÜYÜKTÜR (1995)

24-)Termodinamik 1 Prof.Dr.İng.A.CAN (1993)

24-)Termodinamik 2 Prof.Dr.İng.A.CAN (2009)

25-)Buhar Kazanlarının Isıl Hesapları Prof.Dr.O.F.Genceli (2007)

İNTERNET KAYNAKLARI

1-)www.botas.gov.tr

2-)www.blauer-engel.de

3-)www.bp.com.tr

4-)www.efunda.com

5-)www.enerji.gov.tr

6-)www.foreigntrade.gov.tr

7-)www.isisan.com

8-)www.baxi.uk

9-)www.ferroli.com.tr

10-)www.genbilim.com

11-)www.cevreonline.com

12-)www.dmi.gov.tr

13-)www.mmo.org.tr

14-)www.ashrae.org

15-)www.natenergy.org.uk

16-)www.eduvient.de

ÖZGEÇMİŞ

08.01.1978 tarihinde Edirne'de doğdu. Edirne'de sırasıyla Yusuf Hoca İlkokul'u , Atatürk Ortaokul'u ve İlhami Erthem Lisesi'ni bitirdi.1995 yılında Trakya Ünüversitesi Makina Mühendisliği Bölümünü'de eğitimine devam etti. 2001-2003 yılları arasında yedek subay olarak askerlik hizmetini tamamladı. 2003-2004 yılları arasında Kontek Konveyör Sistemlerinde İmalat sorumlusu olarak çalıştı. 2004 yılında Baymak Mak Ve San Tic AŞ'de Güneş enerjisi sistemleri ürün sorumlusu olarak göreve başladı. Aynı şirkette 2006 yılında Isıtma sistemleri Ürün Sorumluluğu'na atandı. 2007-2008 yılları arasında Ürün Müdürü olarak çalışmaya devam etti. 2008 yılının Mart ayında Baymak'ın Pazarlama Müdürlüğü görevine getirildi. Halen bu görev de çalışmaya devam etmektedir. Ürün Müdürü olduğu 2008 güz döneminde Trakya Ünüversitesinde Yüksek lisans eğitimine başladı.

F.Umut ERTÜR

umutertur@hotmail.com