



T.C.
BATMAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BATMAN İLİ İÇİN BACA GAZLARININ ÇEVRE VE HAVA KALİTESİNE
ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

Özkan ASLAN
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Ağustos-2019

BATMAN

TEZ KABUL VE ONAYI

Özkan ASLAN tarafından hazırlanan “Batman ili için baca gazlarının çevre ve hava kalitesine etkisinin araştırılması” adlı tez çalışması 15/08/2019 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından oy birliği ile Batman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan/Danışman

Prof. Dr. Aydın DURMUŞ

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Hakan KARAKAYA

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Banu SUGÖZÜ

İmza



Yukarıdaki sonucu onaylarım.


Prof. Dr. Şahnaz TİGREK
FBE Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Özkan ASLAN

15/08/2019

ÖZET**YÜKSEK LİSANS TEZİ****BATMAN İLİ İÇİN BACA GAZLARININ ÇEVRE VE HAVA KALİTESİNE
ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI****Özkan ASLAN****Batman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı****Danışman: Prof. Dr. Aydın DURMUŞ****2019, 89 Sayfa****Juri****Prof. Dr. Aydın DURMUŞ
Dr. Öğr. Üyesi Banu SUGÖZÜ
Dr. Öğr. Üyesi Hakan KARAKAYA**

Bu çalışmada, baca gazı ölçümünün değerlendirilmesi için sıcaklık, O₂, CO₂, Seyreltik CO, NO, NO_x, SO₂ parametreleri ele alınmıştır. Ölçümler Testo-340 cihazı kullanılarak incelenmiştir. Batman'ın farklı mahallelerinden, belirlenen günlerde ve saatlerde hava kirliliği ölçümleri analiz edilmiştir. Baca içerisindeki partiküllerin basınç, sıcaklık ve hız değerlerinin analizi Batman Üniversitesinin Lisanslı programı ANSYS Workbench 14.5 Fluent ile sayısal olarak modellenmiştir. Bu modelleme ile baca giriş ve baca çıkışındaki basınç, hız ve sıcaklık değerleri karşılaştırılmıştır.

Baca gazından çıkan gazların analizi ile baca gazı verimi hesaplanmıştır. Ölçüm yapılan bacaların yakıt türleri; doğalgaz, odun birleşimi (%60) (odun (%60) ve kömür (%40)) ve linyittir. Bu yakıtlar için ayrı ayrı ölçümler alınarak değerlendirmeler yapılmıştır.

Sayısal modelleme ile yapılan analizde alınan farklı yakıt türlerinden elde edilen verilerin sonuçları ile baca verimi hesaplanmıştır. Yakıtların verim değerleri ile her bir yakıt türü için baca gazı ölçüm verileri birlikte değerlendirilerek en uygun kullanıma sahip yakıt cinsi belirlenmiştir. Buna ek olarak yakıt performanslarını belirlemek için baca gazından salınan partiküllerin yanma verimi hesaplanmıştır. Hesaplanan yanma verimi ile ve yanma verimi incelenip, yakıt tasarrufu değerlendirilmiştir. Elde edilen bu verimin sonucu ile daha kaliteli O₂ solunabilmesi, bacalardan çıkan zararlı gazların en aza indirilmesi açısından çalışmanın literatür için faydalı olacağı düşünülmüştür.

Bu çalışmada, linyit yakıt türünün kullanılması sonucu atmosfere salınan partiküllerin; O₂: 4,14 ppm, CO: 5,12 ppm, NO: 8,21 ppm, CO₂ (%): 2,57. Odun birleşimi (%60) yakıt türünün kullanılması sonucu atmosfere salınan partiküllerin; O₂: 0,95 ppm, CO: 10,9 ppm, NO: 11,3 ppm, CO₂ (%): 3,7. Doğalgaz yakıt türünün kullanılması sonucu atmosfere salınan partiküllerin; O₂: 8,76 ppm, CO: 0,5 ppm, NO: 2,3 ppm, CO₂ (%): 1,82 değerleri tespit edilmiştir. Bu değerlerin mukayesesin de yakıt türlerinde doğalgaz da atmosfere salınan zararlı partiküller açısından en ideal yakıt türü olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Baca Gazı Ölçümü, Çevre Kirliliği, Yanma Verimi.

ABSTRACT**MS THESIS****INVESTIGATION OF THE EFFECT OF CHEMICAL GASES ON THE
ENVIRONMENT AND AIR QUALITY FOR BATMAN****Özkan ASLAN****THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF BATMAN
UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE IN MECHANICAL ENGINEERING****Advisor: Prof. Dr. Aydın DURMUŞ****2019, 89 Pages****Jury****Prof. Dr. Aydın DURMUŞ
Dr. Lecturer Banu SUGÖZÜ
Dr. Lecturer Hakan KARAKAYA**

In this study, temperature, O₂, CO₂, Dilute CO, NO, NO_x, SO₂ parameters were evaluated to evaluate flue gas measurement. Measurements were examined using the Testo-340 instrument. Air pollution measurements were analyzed from different districts of Batman on specified days and times. The analysis of pressure, temperature and velocity values of the particles in the chimney was modeled numerically with ANSYS Workbench 14.5 Fluent, licensed by Batman University. With this modeling, the pressure, speed and temperature values of the flue inlet and flue outlet were compared.

Flue gas efficiency was calculated by analyzing the flue gas. Fuel types of chimneys; natural gas, wood compound (60%) (wood (60%) and coal (40%)) and lignite. Separate measurements were made for these fuels and evaluated.

In the analysis made by numerical modeling, the results of the data obtained from different fuel types and flue efficiency were calculated. Efficiency values of fuels and flue gas measurement data for each fuel type were evaluated together and the most suitable fuel type was determined. In addition, combustion efficiency of the particles released from the flue gas was calculated to determine the fuel performances. Calculated combustion efficiency and combustion efficiency were examined and fuel saving was evaluated. As a result of this yield, it was thought that the study would be beneficial for the literature in order to be able to breathe better quality O₂ and to minimize the harmful gases emitted from the chimneys.

In this study, particles released to atmosphere as a result of using lignite fuel type; O₂: 4,14 ppm, CO: 5,12 ppm, NO: 8,21 ppm, CO₂ (%): 2,57. The wood compound (60%) was used to determine the particulates released into the atmosphere as a result of the use of the fuel type; O₂: 0,95 ppm, CO: 10,9 ppm, NO: 11,3 ppm, CO₂ (%): 3,7. As a result of the use of natural gas fuel type particles released into the atmosphere; O₂: 8,76 ppm, CO: 0,5 ppm, NO: 2,3 ppm, CO₂ (%): 1,82 values were determined. Comparing these values, it has been seen that natural gas in fuel types is the most ideal fuel type in terms of harmful particles released into the atmosphere.

Key Words: Flue Gas Analysis, Environmental Pollution, Combustion Efficiency.

ÖNSÖZ

Batman İli İçin Baca Gazlarının Çevre ve Hava Kalitesine Etkisinin Araştırılması başlıklı çalışma 5 bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde baca gazı ölçüm cihazı ile ilgi tanımlamalar ve çalışma ile ilgili bilgiler verilmiştir. İkinci bölümde geçmiş yıllarda yapılan çalışmalar hakkında bilgiler verilmiştir. Üçüncü bölümde baca gazı ölçümü ile yapılan mahalleler, ölçümler ile ilgili farklı günlerde alınan sonuçlar ve tez çalışmasında yapılan saha çalışmalar ile ilgili bilgiler verilmiştir. Dördüncü bölümde ise yapılan ölçümlerin analizi Batman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Lisanslı ANSYS 14.5 programında analiz sonuçları ile ilgili bilgiler verilmiştir. Beşinci bölümde ise genel sonuçlar verilmiştir.

Baca gazı ölçümü uzun soluklu ve yüksek sabır gerektiren çalışmadır. Baca gazı sonuçlarını alırken yaşanan aksiliklerden dolayı çok fazla sonuç çalışmaları yapılmıştır. Bu yaşanan aksilikler ve yüksek lisans tezimin hazırlanmasında, gerek teorik, gerek pratik çalışmalarım boyunca bir an olsun değerli desteklerini ve yardımlarını hiç esirgemeyen saygı değer Tez Danışman Hocam Prof. Dr. Aydın DURMUŞ Hocam'a çalışma süresince tüm zorluklarımı paylaşan, her zaman yanımda olan, değerli vakitlerini ve engin bilgilerini bir an olsun tez süresince benden esirgemeyen değerli Doktor Öğretim Üyesi Hakan KARAKAYA Hocam'a ve yönlendirici yardımları için Arş. Gör. Ali Serkan AVCI Hocam'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Özkan ASLAN

Batman-2019

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT	v
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	viii
ÇİZELGELER LİSTESİ.....	x
SİMGE VE KISALTMALAR.....	xi
1. GİRİŞ	1
1.1. Baca Gazı Ölçümü ve Yanma Verimi	4
1.1.1. Tam Yanma	4
1.1.2. Eksik Yanma	4
1.1.3. Baca Gazı Ölçümünün Hava Kalitesi Belirlenmesinde Baca Yapılarının Etkisi. 6	
1.1.4. Çatı Katında Gaz Yakıcı Cihazların Bacaya Bağlantıları	7
1.1.5. Baca Gazı Ölçümünün İçeriği	10
1.1.6. Baca Gazı Ölçümünün Hava Kalitesi Belirlenmesindeki Etkileri	16
1.1.7. Baca Gazı Emisyon Ölçümü	20
1.1.8. Baca Gazı Ölçümü	28
1.1.9. Baca Gazı Emisyon Ölçümü ile Belirlenen Parametreler	31
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	48
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	57
3.1. Deneysel Metot.....	57
3.1.1. Baca Gazı Ölçüm Cihazı.....	57
3.1.2. Ürün Bilgisi.....	58
3.1.3. Baca Gazı Ölçüm Cihazının Teknik Bilgileri	59
3.1.4. Baca Gazı Ölçüm Birimleri.....	61
3.2. Hesaplama Yöntemi	64
3.2.1. Yanma Veriminin Hesaplanması	64
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	72
4.1. Deneysel Bulgular ve Tartışma	72
4.2. Sayısal Bulgular ve Tartışma.....	76
5. SONUÇLAR	85
KAYNAKLAR.....	87
ÖZGEÇMİŞ	91

ŞEKİLLER LİSTESİ

<u>Sekil No</u>		<u>Sayfa</u>
Şekil 1.1.	Ölçüm yapılacak noktanın belirlenmesi (Bayram, 2012)	33
Şekil 1.2.	Dikdörtgen kesitte ölçüm noktalarının gösterilmesi (Olgun, 2010)	34
Şekil 1.3.	Dikdörtgen kesitte ölçüm noktalarının işaretlenmesi (Karadavut, 2010)	35
Şekil 1.4.	Dikdörtgen kesitte ölçüm noktalarının aralıkları (Olgun, 2010)	35
Şekil 1.5.	Dikdörtgen kesitte ölçüm noktalarının işaretlenme konumları (Olgun, 2010)	36
Şekil 1.6.	Baca gazı örnekleme sistemi (Olgun, 2010)	37
Şekil 1.7.	Hava kirliliği ve kontrolü (Olgun, 2010)	38
Şekil 1.8.	Bacadaki partiküllerin hızı (Bayram, 2012)	39
Şekil 1.9.	Ölçüm yapılacak bacadaki sapma oranının gösterimi (Bayram, 2012)	40
Şekil 1.10.	Ölçüm yapılacak bacadaki sapma oranının gösterimi (Bayram, 2012)	41
Şekil 1.11.	Laminer (düzgün) akış (Bayram, 2012)	42
Şekil 1.12.	Boru veya kanal içinde akış (Bayram, 2012)	42
Şekil 1.13.	Kesit daralmasında akış bozulması (Bayram, 2012)	43
Şekil 1.14.	90° dirseklerde akış bozulması (Bayram, 2010)	44
Şekil 1.15.	Baca içerisindeki partiküllerin hareketine pompa emişin etkileri (Olgun, 2010)	46
Şekil 3.1.	Baca gazı ölçüm cihazı (Teslo, U.S., 2000)	57
Şekil 3.2.	Daire şeklindeki bacanın içerisindeki partiküllerin görüntüsü	66
Şekil 3.3.	Daire şeklindeki bacanın içerisindeki partiküllerin mesh işlem görüntüsü	68
Şekil 3.4.	Dikdörtgen şeklindeki bacanın içerisindeki partiküllerin görüntüsü	69
Şekil 3.5.	Dikdörtgen şeklindeki bacanın içerisindeki partiküllerin mesh işlem görüntüsü	70
Şekil 4.1.	Yakıt türlerinin yanma verimleri (%) karşılaştırılması	71
Şekil 4.2.	Yakıt türüne bağlı olarak sıcaklık değerlerinin karşılaştırılması	72
Şekil 4.3.	Yakıt türüne bağlı olarak partikül CO, NO (ppm) değerlerinin karşılaştırılması	73

Şekil 4.4.	Yakıt türü ile CO ₂ (%) ve seyreltik CO (ppm) değerlerinin karşılaştırılması	74
Şekil 4.5.	Daire şeklindeki baca içerisinden geçen partiküllerin basınç görüntüsü	75
Şekil 4.6.	Daire şeklindeki baca içerisinden geçen partiküllerin basınç grafiği	76
Şekil 4.7.	Daire şeklindeki baca içerisinden geçen partiküllerin hız görüntüsü	77
Şekil 4.8.	Daire şeklindeki baca içerisinden geçen partiküllerin hız grafiği	78
Şekil 4.9.	Dikdörtgen şeklindeki baca içerisinden geçen partiküllerin basınç görüntüsü	79
Şekil 4.10.	Dikdörtgen şeklindeki baca içerisinden geçen partiküllerin basınç grafiği	80
Şekil 4.11.	Dikdörtgen şeklindeki baca içerisinden geçen partiküllerin hız görüntüsü	81
Şekil 4.12.	Dikdörtgen şeklindeki baca içerisinden geçen partiküllerin hız grafiği	82

ÇİZELGELER LİSTESİ

<u>Çizelge No</u>		<u>Sayfa</u>
Çizelge 1.1.	Yanma ile kirliliğin bileşenleri (Ghali ve ark., 2005)	9
Çizelge 1.2.	Örnekleme çap ve minimum ölçüm sayısı (Karadavut, 2010)	32
Çizelge 3.1.	Baca gazı ölçüm cihazının teknik bilgi özellikleri (Brandi, 1972)	58
Çizelge 3.2.	Ölüme neden olan kritik CO seviyeleri (Teslo, 2000)	61

SİMGE VE KISALTMALAR

Simgelerin Gösterimi

Simge	Açıklama
C_p	: Havanın Özgül Isısı (kcal/kgK)
F	: Baca Kesit Alanı (cm ²)
H	: Baca Yüksekliği (m)
h	: Etkin Baca Yüksekliği (m)
H_u	: Yakıt Alt Isıl Değeri (kcal/kg)
H_0	: Yakıt Üst Isıl Değeri (kcal/kg)
k	: Katsayı
n	: Yakıt Cinsine Bağlı Katsayı
Q	: Yakıcı Cihaz Isıl Kapasitesi (kcal/h)
Q_k	: Kapasite (kcal/h)
T_1	: Kazan, Kombi, Brülör Sıcaklığı (°C)
T_2	: Dış Hava Sıcaklığı (°C)
T_b	: Baca Gazı Sıcaklığı (°C)
V	: Bacadan Geçen Sıcak Hava Debisi (m ³ /h)
W	: Yanma Neticesinde Ortaya Çıkan Su Miktarı (kg)
η_Y	: Yanma Verimi
g	: Yoğunluk (kg/m ³)
°C	: Santigratderece (°C)
%	: Yüzde oranı
ΔP	: Baca Çekiş Etkisi (Pa)

Kısaltmaların Gösterimi

Simge	Açıklama
APM	: Asılı Partiküler Madde
CH ₄	: Metan
C ₆ H ₅	: Pridin
C ₆ H ₅ -NO ₂	: Nitro
cm ²	: Santimetrekaare
CO	: Karbonmonoksit
CO ₂	: Karbondioksit
gr	: Gram
HCl	: Hidroklorikasit
HNO ₃	: Nitrik
H ₂ S	: Hidrojensülfür
H ₂ SO ₄	: Sülfirikasit
kcal	: Kilokalori
kg	: Kilogram
KVS	: Kısa Vadeli Sınır Değer
lt	: Litre
m	: Metre
max.	: Maksimum
mg	: Miligram
mm	: Milimetre
mmSS	: Milimetre Su Sütunu
NO _x	: Azotoksitler
Nm	: Newtonmetre
O ₂	: Oksijen
O ₃	: Ozon
PAH's	: Poliaromatik Hidrokarbonlar
Pb	: Kurşun

Ppm	: Partspermillion
R-CO-NH ₂	: Amid
RNH ₂	: Amin
S	: Kükürt
SO ₂	: Kükürt dioksit
UVS	: Uzun Vadeli Sınır Değer
VOC	: Uçucu Organik Madde

1. GİRİŞ

Batman, Türkiye Cumhuriyeti Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın (Anonim, 2014) verilerine göre Türkiye'de hava kirliliğinin yüksek olduğu illerden biridir. Sürekli artan çevre sorunlarının üst basamaklarında yer alan atmosferdeki kirli havanın, gelecekte dünyamızı önemli düzeyde tehdit etmekte ve çevresel tehlikelere sebep olmaktadır. İnsan popülasyonunun sürekli artması ile artan enerji tüketimi, sanayileşmenin teknolojiye bağlı gelişmesi ve bu gelişmeye bağlı olarak hava kirliliğinin artması, kentleşmenin sebep olduğu kirli havanın insan sağlığına ve yeryüzü üzerindeki koruyucu katmanlarda olumsuz tesirler oluşturmaktadır. Yakım olaylarının gerçekleştiği tesislerde gaz, sıvı ve katı gibi bileşenlerin yakılması ile meydana gelen atık gazların bacalardan direk olarak dışarı salınması hava kirliliğinin artmasında önemli etkindir. Bu nedenlerle bu çalışmanın, konusunu belirlenirken bu kriterler göz önünde bulunduruldu. Batman ilinin mahallelerinde yapılan bu ölçüm çalışmalarından sağlıklı sonuçlar elde edebilmek için ölçümler baca gazı ölçüm cihazı ile yapıldı. Ölçüm işlemi yapılırken belirlenen noktalardan elde edilen sonuçları yorumlayabilmek, en çok hava kirliliğine neden olan baca gazı atık gazlarının değerlerini tespit edilmesi planlandı. Baca gazı ölçüm cihazı ile gerçekleştirilen işlemin yapılmasının önemi ise; yanma sonucu oluşan verimliliği görmek, kazanın verimliliğini yükseltmek, yakıttan tasarruf sağlamak ve atık gazın limit emisyon değerlerini öğrenebilmektir. Bu çalışmada en çok kullanılan yakıt türü olan doğalgaz, yakıt türleri olan kömür ve odun birleşimi (%60) için yapılan baca gazı ölçümleri değerlendirildi. Bu çalışmada kazan, yoğunmalı kombi ve konvansiyonel brülör gibi aletlerin bacadan havaya salınan gazların ölçümü baca gazı ölçüm cihazı ile belirlendi.

Hava kirliliği; havada bulunan katı, sıvı ve gaz halindeki maddelerin evren üzerinde bulunan bütün canlıların hayatına, sağlığına ve çevresel dengelerine zarara neden olacak yoğunlukta havada bulunması olayıdır. Atmosfere salınan partiküllerin dünya üzerinde bütün canlılara tesirleri önemli olduğu gibi özellikle insanlar da etkileri önemli oranda olmaktadır. Genel anlamda havadaki partiküllerin insanların sağlığına etkileri şunlardır: Özellikle dünya üzerinde yaşam alanına yakın seviyelerde meydana gelen ozon miktarı, insanın sağlığına olumsuz olarak etki etmektedir. NO_x (Azotoksitlerin) meydana geldiği ortamlarda kısa süre içerisinde bulunması; solunum yollarında olumsuz etkilere, uzun zaman içerisinde bulunması; akciğerlerimiz de kalıcı etkilere neden olabilmektedir. Bacadan havaya salınan partikül

tanecikleri bronşit gibi rahatsızlıklara, anfizem ve damar hastalıklarına bağlı olarak ölümlere kadar sonuçlara neden olabilmektedir.

Kurşun gibi zararlı elementler kan hücrelerinin gelişmesini ve olgunlaşmasını tamamlanmasını engeller, kan içerisinde ve idrar içerisinde birikerek sağlığını ciddi anlamda olumsuz yönde etki etmektedir. Karbon monoksit (CO)'in ise, kan içerisindeki hemoglobin ile birleşerek oksijen taşınmasını engellediği bilimsel olarak bilinmektedir. Bu sebeple Kükürtdioksit (SO₂)'in, üst solunum yollarında keskin, boğucu ve tahriş edici gibi tesirleri vardır. Özellik ile de duman akciğerlerden alveollere kadar girerek olumsuz tesirler meydana gelmektedir. Kronik kalp hastalığı olan insanlarda hastalıklarının artmasında, kanser gibi ciddi hastalıkların oranında yükselme ve meydana gelebilecek erken ölümlerde artışa sebep olmaktadır (Boke ve Aydın, 1878-1884; Aydın ve Boke, 2009).

Bacadan atmosferik ortama salınan partiküllerin sayısal değerleri tespit edilebilmesi için baca gazı ölçüm cihazı ile ölçümler alındı. Tespit edilen değerleri baca girişi ve baca çıkışındaki parametreleri mukayese edebilmek ve baca içerisindeki hareketlerinin sayısal değerlerini görebilmek için sayısal modelleme analiz programında analizler yapılarak detaylı çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmada elde edilen değerlerin ve partiküllerin hız, basınç ve sıcaklık parametreleri en iyi şekilde mukayese edebilmek için sayısal modelleme programında bilimsel ve istenilen sonuçları görebilmek için tercih edilmiştir. Elde edilen tüm değerler sayısal modelleme programı üzerinde çıkarılmıştır ve buna bağlı olarak değerlendirmeler yapılmıştır. Baca girişindeki değerler, baca çıkışındaki değerler ile baca içerisinde kat edeceği mesafedeki hareketlerinin değerleri tespit edildi ve mukayeseler ile değerlendirildi. Kullanılan yakıta bağlı olarak farklılık oluşturan oranlarda çıkan gaz ve partiküllerin uzun zaman aralıklarında havada durmaları nedeni ile bronşit gibi, anfizeme gibi rahatsızlıklar, damar hastalıkları gibi önemli rahatsızlıkların yanında insanların ölümlerine kadar sonuçlar meydana gelmektedir. Yanma verimliliği kontrolünün yapıla bilinmesi ve yakıt tasarrufunda ciddi önlemler alınması, emisyon oranlarında azalma ve bu sayede de ekonomik tasarruflar da oluşturur. Hava kirliliğinden çocuklar ve yaşlılar özellik ile daha kolay etkilenebilmektedirler. Çocuklar, bebekler, gelişme çağındaki bebek ve bebek emziren hamile kadınlar, yaşlılar, sürekli bir rahatsızlığı olanlar, sanayi sektörlerinde çalışanlar, parasal anlamda düşük kazanç sağlayan insanlar en çok bacadan salınan partiküllerin oluşturduğu hava kirliliğinden etkilenenlerdir.

Hava kirliliği oranı arttıkça daha fazla ölümler meydana gelmekte veya hastaneye giden insanların sayılarında ciddi artışlar olmaktadır. Hava kirliliğinin yoğun olduğu illerde insan yaşamının 1-2 yıl kadar daha kısa olduğu literatürde yer almaktadır (EİA, 2002).

İnsanların en temel hakları yaşamak ve nefes almaktır kuşkusuz bir şekilde. Havadaki oksijenin kurşun gibi ağır olduğu, çocukların dışarı çıkarken veya okula giderken ağızlarına, burunlarına mendil bırakmak zorunda olduğu bir ilde veya bölge de nefes alabilmek ciddi anlamda çok zor bir yaşam olduğu açıktır.

Termik santrallerin çalışması sonucu meydana gelen baca gazı (SO_2 , NO_x) hava kirliliği sonuçları meydana getirmektedir. Meydana gelen çevresel sorunlar yalnızca oksijeni soluyan insanları, canlıları değil, ağaçları, bitkileri ve çok geniş alandaki tarım arsaları için de olumsuz sonuçlar doğurmaktadır. Bacadan çıkan partiküllerin, gazların ve diğer etmenlerin tarım alanlarında yetiştirilen ürünlerin üzerinde ciddi anlamda olumsuz tesirler meydana gelmektedir. Asit yağmurlarının meydana gelmesinde SO_2 ve NO_x gazları birinci derecede etkili olan havadaki en önemli gazlardır. Bacalardan salınan Kükürt ve Azotoksitler rüzgârın etkisi ile aritmetik ortalama olarak 2 gün ile 7 gün içerisinde havaya karışabilmektedir. Bu 7 günlük zaman süresi içerisinde gazlar ve diğer partiküller havadaki su partiküllerini ve elementler ile tepkime girerek Sülfirikasit ve Nitrikasit'i meydana getirmektedir (Ghali ve ark., 2005).

Atmosferde meydana gelen bu asit yağmurları, kar ve yağmur ile yeryüzüne ulaşmaktadırlar. Ve bu sonuçla termik santrallerin bacalarında atmosfere salınan gazların ikinci kez ve çok daha geniş bir yelpazede etki etmiş olacaktır (Durmaz ve ark., 1995).

Termik santral partiküllerin ve küllerinin toplandığı yerlerde oluşan Radon gazı atmosfere ulaşmaktadır. Partiküllerin, küllerin üzerleri toprakla kapansa bile meydana gelen Radon gazı toprağın gözeneklerinden geçerek atmosfere karışmakta ve yaklaşık 4 gün içerisinde Polonyum'a ve aktif Kurşuna dönüşebilmektedir. Bu sebep ile partikül, kül yoğunlukları atmosfere radyoaktif gibi zararlı maddeler yaymaktadır. Bacadan salınan partiküllerin içerisinde en önemli radyoaktif madde uranyum gibi zararlı maddelerdir (Topal, 2000).

Bu çalışmada bacadan salınan partiküllerin ppm değerleri ölçülmüştür. Yanma verimi hesaplanmıştır. Yanma olayı sonucunda yanma verimi en yüksek yakıt türü tespit edilmiştir. Baca gazı sıcaklığı, ortam sıcaklığı ve çiğ noktası sıcaklığı ölçülmüştür.

1.1. Baca Gazı Ölçümü ve Yanma Verimi

Baca gazı ölçüm çalışmalarının gerçekleştirilmesindeki temel amaç baca içerisindeki yanma verimliliğini görmek, kazan verimliliğini yükseltme çalışmaları yapabilmek, yakıt tasarrufu gerçekleştirmek ve atık gaz emisyon alt ve üst değerlerinde baca gazı partiküllerinin dengeleyebilmektir. Baca gazı ölçümü iki farklı şekilde gerçekleştirilir. Birincisi; bulunan ortamda baca gazı ölçüm aleti ile oksijen, karbon gazlarını standart limit değerlerini kontrol altına almak. İkincisi; baca içerisinde geçen partiküllerden örnek alınarak laboratuvarlarda testten geçirilerek ağır metaller ve toz partikül değerlerinin hesaplanarak karşılaştırmalar elde edebilmek. İkinci yapılan inceleme çoğunlukla endüstriyel tesislerde yapılan bir çalışmadır.

1.1.1. Tam Yanma

Yakıtların oksijen ile tepkimeye girerek ısı ve diğer yanma ürünlerinin oluşmasına “yanma” denir. Normal bir yanma olayında havanın içinde bulunan ve yanma için gerekli olan oksijen yakıt ile karıştırarak yanma olayı gerçekleştirilir. Bu hava miktarının gerekenden az olması, gerekenden çok olması ya da gerektiği kadar olması yanmanın özelliklerini belirler. Dolayısıyla oluşan ısı miktarını ve diğer yanma ürünlerinin cins ve miktarlarını belirler. Aşağıdaki formüller tam yanma olarak gösterilmektedir (Kartal, 2000).



1.1.2. Eksik Yanma

Bir yakıtın oksidasyonu süresince yakıtın içerisinde yanabilir bileşenlerin (kömür, odun, doğalgaz, sülfür, hidrojen ve karbon) tamamının yanabilmesi için gereken minimum hava sağlanamazsa veya yanabilir yakıt moleküllerinin her birisine karşılık oksijenle buluşması sağlanamazsa gerçekleşen duruma ‘‘eksik yanma’’ denir. Aşağıdaki formül eksik yanma olarak gösterilir (Kartal, 2000).



Bu eksik yanma formülünde belirtilen denklemde görülebileceği üzere, tepkimeye giren yeterli olmayan oksijenin sonucunda Karbonun (C) elementi Karbondioksit (CO₂) bileşik haline gelmeden, Karbonmonoksit (CO) bileşiği halinde kalması sonucuyla yok olan enerjinin miktar oranı %70 oranlarında gerçekleşmektedir. Tepkimede gerçekleşen bu olay ile istenilen mükemmel ve tam yanmanın gerçekleşmesi için, tam anlamıyla kimyasal yasa gibi düşünülerek tepkimedeki yakıt cinsi ile tepkimeye giren atmosferik havanın istenen yüksek değerlere çıkarılmalıdır. Gerçekleşen bu olay ise hava fazlalık katsayısı olarak adlandırılmaktadır. Yanma olayındaki yakıt çeşidi temel alınarak değişken olan katsayının istenilen seviyeden daha düşük oluşmasında Karbonmonoksit (CO) bileşiği meydana gelmekte, oluşan enerji miktarı düşmekte, tepkimede ısılilik oluşmakta, yanma olayındaki verim zamanla azalmadığı görülmektedir. Bahsedilen hava fazlalık katsayısı istenilen oranlardan daha yüksek olarak meydana gelmesinde ise, Karbonmonoksit (CO) bileşiği miktarında azalma gözlenirken, yanma olayı ile tepkime gerçekleştirmeyen atmosferdeki oksijen ateş üzerinde ısı değeri arttırılarak baca içerisinden atmosfere salınmakta, yanmanın gerçekleşmesinde yanma olayı istenilen şekilde gerçekleşmemekte ve yanma olayı veriminin ise zamanla değeri azalmaktadır (Kartal E., 2000). Açıklanan sebep ile yanma olayının gerçekleştiği yerde, yanma olayının istenilen verimli değerlerde olması için bacadan salınan gazların incelemeleri neticesinde mukayeseler rahatlık ile oluşturulup yapılmaktadır. Bu olayın sonucunda verimi artırmak için brülörlere ve kazanlara da hemen müdahale edilir (Anonim, 2014).

Baca; bina ve bina gibi yapılarda, yanma olayı ve yanma olayı sonrasında meydana gelen gazların ölçümünün yapıldığı, binanın üstünde bulunan ve partiküllerin havaya salınmasına yarayan, binaların içerisinden geçen ve binanın üstünde olan kare, dikdörtgenler prizma veya silindir olarak dizaynı yapılmış, içi boş bir binanın üst tarafıdır. Malzeme yapısı olarak ise; betonda yapıla bilindiği gibi, tuğladan, betonarmeden veya çelikten tasarımları yapılmaktadır. Baca, bina gibi yapıların bir nefes alma aracıdır (Boke ve Aydın, 1878-1884; Aydın ve Boke, 2009).

Bu çalışmada yapılan kaynak araştırmasında baca tipleri; Adi Bacalar, Şönt (Ortak) Bacalar, Müstakil (Ferdî) Bacalar, Çelik Bacalar ve İzolasyon başlıkları altında incelenmiştir. Bu baca tipleri aşağıda detaylı açıklanmıştır.

Adi Bacalar: Tek kolon halinde olan binaların zemininden en üst kısmı olan çatının en üstüne kadar çıkan, bir veya daha fazla bina veya yapı içerisindeki birimin kullanabileceği şekilde dizaynı yapılmış baca tiplerine adi bacalar denilmektedir. Adi baca tipleri doğal gazın olduğu cihazlarda kullanılması uygun değildir (Bıçakcı, 1995).

Şönt (Ortak) Bacalar: Binanın zemininden en üst katı olan çatının üstüne kadar çıkan, ana bacaya bağlanan ve bu bacaya her ayrı bölümlerinden meydana gelen bacalara şönt (ortak) bacalar denilmektedir (Bıçakcı, 1995).

Müstakil (Ferdî) Bacalar: Yapılarda veya binalarda sadece tek bir kolon şeklinde besleyeceği hanenin zemininden çatının en üst katına kadar çıkan ve yalnızca bir adet hanenin kullanabileceği şekle göre dizaynı yapılmış baca tiplerine müstakil (ferdî) bacalar denilmektedir (Bıçakcı, 1995).

Çelik Bacalar ve İzolasyon: Çelik bacaların yapımında kullanılan paslanmaz çelik malzemesi bacaların içerisinde geçen gaz yakıtlı ile sıvı yakıtlı bütün kazanların bacasında kullanılmak amacı ile tasarlanabilir.

Bu tip bacalar çeşitlerinde sızdırmazlığın, yoğunlaşma suyu ve baca gazının çok iyi yapılması gerekmektedir (baca imalatı ve montajının kalitesi tasarlanması gerekmektedir). Bu anlamda kalitenin birinci derece olarak dizaynı yapılmalıdır. Çelik bacaların yapımında kullanılan kalite olarak iyi bir paslanmaz olan çelik bacalar ve kaliteli olan hazır paslanmaz çelik bacalar 0,4 mm'lik et kalınlığında, 316 L kalite paslanmaz çelikten üretilmesi gerekmektedir. Meydana gelen yoğunlaşma suyunun, bacanın en alt kısmında birikir ve oluşturulan sifon gideri ile bacanın dışına doğru boşaltılır. Farklı baca çeşitlerinde imalatı yapıldığı şekilde çelik bacalar çeşitlerinde de izolasyon çok iyi derecede yapılması, gözetilmesi gerekmektedir. Tek cidarlı ve çift cidarlı şekilde dizaynları yapıla bilinmektedir. Yalıtım malzemeleri ise; yanmaz olması ve yüksek dereceli sıcaklıklara her zaman dayanıklı olmalıdır (Bıçakcı, 1995).

1.1.3. Baca Gazı Ölçümünün Hava Kalitesi Belirlenmesinde Baca Yapılarının Etkisi

Bacanın verim ve bacanın çekişinde her zaman en temel kriter atmosferdeki havanın sıcaklık farkı ve iç kısımda bulunan havanın sıcaklık farkıdır. Dizayn ve ölçüm açısından istenen bacada olması gereken temel kriterler aşağıda belirtilmiştir:

- Bacanın iç tarafının yüzü pürüzlü olmamalıdır.
- Baca, gaz sızdırmazlık özelliğinde olmalıdır. Doğalgaz yakıtlı kazanların bacaları her zaman yoğunlaşan ve baca içerisindeki suyu dış yüzeye geçirmemelidir.
- Baca mümkün mertebelerde dış duvardan yapılmaması gerekmektedir.
- Baca hesaplamalarında kesit yüzeyi ve baca kesit hesaplamaları doğru hesaplanmalıdır. Kazanın çeşidine müsait uzunlukta yapılmalıdır.
- Bacanın yapımı doğal afetler koşulları düşünülerek yapılmalıdır.
- Bacanın bakımı düşünülerek kolay bakım, bakımın sürekli yapılması gerektiği gibi dizayn edilmelidir.
- Bacanın temizlenmesi düşünülerek bacanın üst bölümünde sızdırmazlık sağlanabilmesi için mutlaka temizleme kapağı olmalıdır.
- Bacanın en üst bölümü yani ağzı, çatının mahyasından minimum 50 cm yukarısında tasarlanmalıdır.
- Bacanın, yağış sularına engel olması için baca şapkası dizayn edileceği düşünülerek yapılmalıdır.
- Bacada yanma olayının gerçekleşeceği düşünülerek atmosferdeki temiz hava ile besleneceği şekilde tasarımı yapılmamalıdır.
- Bütün bacalar mümkün mertebelerde yön dizaynı değiştirilmesi mümkün olamayacak şekilde tasarımı yapılmalıdır. Yön dizaynı yapıldığında değiştirmesinin muhtemel olması durumunda 60°'den küçük olmayacak şekilde yatay düzlemle dizaynı yapılmalıdır.
- Bütün bacalarda, baca gazı ölçümleri yapılacağı düşünülerek bacada delik açacak şekilde tasarımı yapılmalıdır (Keating, 1993; Turns, 2000; Çengel ve Boles, 1996).

1.1.4. Çatı Katında Gaz Yakıcı Cihazların Bacaya Bağlantıları

Çatı katında bulunan bacanın yüksekliği 4 m'den daha az ise; baca daha da yükseltilerek bacanın giriş kısmından bacanın şapkasına yani bacanın en tepesine kadarki

yüksekliği 4 m'ye tamamlanması gerekmektedir. Bacanın yüksekliğinin artırılması durumunun dışında ise hermetik tip cihazlar kullanılabilir. Bunun dışında bina da hermetik cihaz olan kazanlar tercih edilmeli ve orijinal bacanın bağlantı aparatları seçilmelidir. Mümkünse hermetik baca aparatları mevcut beton, tuğla baca kanalı içerisinde geçirilmelidir (MMO, 1989).

Ancak kullanılacak hermetik cihazlar, mutlaka bacanın mevcut betonun atık gazının çıkışından, tuğlanın baca içerisine geçirilmemelidir. Kullanılacak hermetik cihazlar da, yanma olayı için lüzumlu havanın cihazından çalıştığı alandan sağlanarak bacadan salınan atık şeklindeki gazların çelik bir baca ile atmosfere salınmalıdır. Böyle düşünülerek kullanılan cihazlar konvansiyonel olarak kullanılmadığı için bacalı cihaz tarzda kullanılmış olur. Bu çeşit tercih edilen seçeneklerde bacadan salınan atık olan gaz beton, tuğlanın içine bacadan doğrudan geçirilmeyip üstünde bulunan tuğlanın bacanın içerisinden geçen paslanmaz çelik bacanın kanalının içine geçirilmelidir (Kartal, 2000).

Havaya salınan kirletici partiküllerin, hava ile karışımı için kaynağın alıcı ve taşıyıcı ortamların bir arada olması lazım. Alıcı havaların kalitesi alt, üst sınırının hangi değerde olması gerektiği 6 Haziran 2019 tarihinde Resmi Gazetede yayınlanan Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliğinde açıklanmıştır. Çoğunluk ile hava kalitesinin alt sınır ve üst sınır değerlerinin; kısa vadeli sınır değerler (KVS) ve uzun vadeli sınır değerleri (UVS) olarak iki çeşit tarzda belirtilmiştir. UVS, havayı kirleten partiküllerin az olan değerlerinin uzun zaman insanlar tarafından solunmasıyla meydana gelen sürekli rahatsızlıklar olarak belirtilen üst sınır değerleri açıklanmıştır. KVS, kısa zaman içerisinde havayı kirletici partiküllerin yüksek derecedeki konsantrasyonda solunması ile meydana gelen kısa zaman içerisinde akut tesirleri nedeni ile açıklanan alt sınır değeri olarak belirtilmiştir (MMO, 1989).

Yanma olayında baca gazı partiküllerinin ölçümlerinde baca gazı analizörleri aracılığı ile baca gazları içerisinde elde edilen değerler ölçüm sonucunda karbondioksit, oksijen, baca gazının sıcaklık değeri ve ölçümün yapıldığı ortamın sıcaklık değer kriterleri mukayese edilmek şartıyla, yanma sonucu oluşan yanma verimi elde edilen sonuçlar ile direkt olarak görülebilmektedir. Gerekli analizler yapıldıktan sonra rahatlık ile yanma verimi hesaplanabilmektedir. Herhangi bir endüstriyel tesisteki yönetici veya görevli aracılığı ile yanma verimi sonucu ile mukayeseler yapılarak, elde edilen neticeye etkileyen kriterler rahatlıkla gözlenebilmektedir (Çengel ve Boles, 1996). Yanma olayı olarak yazılan kimyasal

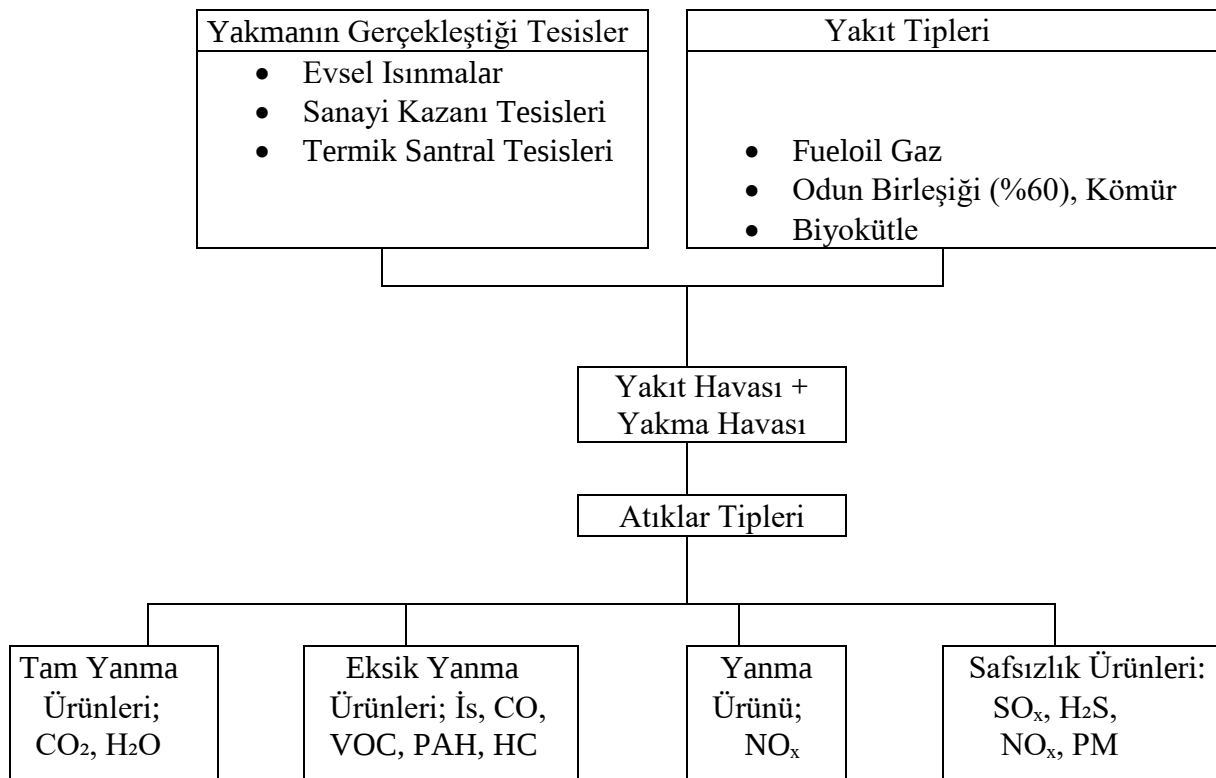
reaksiyon, temel yakıtı meydana getiren yanıcı maddelerin (C , H_2 , C_mH_n)’nin havanın oksijeni kimyasal tepkime sonucunda birleşimi ile oluşan yani reaksiyon denilir.

Tepkime sırasında; ortamda alev ve hali ile ısı meydana gelmektedir. Bu yanma olayında, yakıtın yanıcı fonksiyon bileşenler ile tam olarak yanma gerçekleşip ısı haline dönüştüğünü gösteren bu temel olaya “tam yanma” olarak adlandırılmaktadır.

Tam yanma neticesinde yakıtın birleşiminde bulunan karbon tam olarak karbondioksite dönüşür, yanma neticesinde ise CO meydana geliyorsa, yanmanın eksik bir yanma şekilde gerçekleştiği tepkimeden çıkan birleşimde anlaşılmaktadır. Gerçekleşen bu kimyasal reaksiyon tipine ise; “eksik yanma” denir (Willems, 2006).

Aşağıdaki çizelge 1.1’in aşamalarından da görülebileceği üzere yanma sonucu oluşan atık tipleri olarak tam yanma olayı, oksidasyon olayı, yanma ve bu yanmanın sonucundaki saf olmayan partiküllerin emisyonlarından meydana gelmektedir. Dikkate alınması gereken hava kirliliği bakımından ise eksik yanma temel ürünlerinin bölümü ile alakalı durumdur. Yanma olayının temel nedeni, tam yanma olayı, eksik yanma olayı ve bu iki yanma çeşidinin kontrolü noktasında kısa bir açıklayıcı bilgiler şablon şeklinde gösterilmiştir.

Çizelge 1.1. Yanma ile kirliliğin bileşenleri (Ghali ve ark., 2005)



Yakıtın içerisinde bulunan ve yakıtın içerisinde kalmış aminoasit ve bu aminoasit çöküntüleri ile doğal moleküler yapı şekline girmiş olan N_2 elementi ile S elementlerinin içerisinde bulunmaktadır. Yakıtın temel yapısındaki doğal yapıda olan N yani; Amin (RNH_2), Amid ($R-CO-NH_2$), Nitro ($C_6H_5-NO_2$), Piridin (C_6H_5) bileşikler olarak görülmektedir.

Yakıt çeşidine bağlı olarak NO_x meydana geldiği görülmektedir. Yakıtın saf olmayan oranları mukayese edildiğinde önemli başka bir yüksek element olan, farklı ve doğal yapıdaki Kükürt, yakıt içerisinde bulunması sebebiyle karbon elementi şeklinde paslanan ve neticesinde de oksitlenme sonucunda enerji meydana gelmektedir (Olesen, 1994).

Yanma veriminden elde edilen bilgiler göz önünde bulundurularak, kazan veriminden öncelikli olarak kazan radyasyon sonucunda oluşan giderleri, yanma tepkimesine girmemiş olan organik yapıdaki karbonlar ile tozlaşmış giderler nedenlerinin değerlerinin ölçülemeyen değerleri nedeniyle yakıtın çeşidi temel alınır. Bu durumda yanmanın gerçekleştiği verimin %3 ile %5 oranında düştüğü görülmektedir. Bacadan salınan gazların incelenmesinde ve kazanın veriminin ispat edilmesinde daha çok yanma olayının ideal değerlerde elde edilmesindeki tercihin doğru bir düşünce olarak ön görülmektedir (EGO, 2000).

Yanma sisteminde dışarı atılan oksijen miktarı artıkça baca gazında oluşan kayıplar da artar. Bu kayıpları engellemek için yanma sistemi içerisine giren havanın azaltılması gerektiği ispat edilmiştir. Oksijen miktarının azaltılması sonucunda karbon tanecikleri ve 2 oksijenin birleşmesi gerçekleşmeyip, 1 oksijen taneciğinin tepkimeye girmesi sebebiyle yanma olayı tepkimesi sonucu oluşan ürün karbondioksit yerine karbonmonoksit meydana geldiği görülmüştür. Yanma olayının gerçekleştiği ortamı ve genel olarak toplumun çevresel yapısını bozmamak adına havanın temel temizliğini oluşturma yönetmeliğinde belirtilen alt ve üst ulusal değerlerin kesinlikle aşmayacak şartı ile oksijen miktarı, kontrollü şekilde azaltılmalıdır (Anonim, 2014).

1.1.5. Baca Gazı Ölçümünün İçeriği

Baca gazı ölçümünün içeriğinde elde edilen partiküller; Oksijen (O_2), Karbondioksit (CO_2), Karbonmonoksit (CO), Kükürtdioksit (SO_2) Azotoksitler (NO_x), Baca Gazı Sıcaklığı (T_b), Su Buharı (H_2O) ve Kondenzasyon ile ilgili özellikler aşağıda incelenmiştir.

1.1.5.1. Oksijen (O_2)

Bir yanma olayında yakıtın türüne ve hava fazlalık katsayısı göz önünde bulundurularak karbonmonoksitin meydana gelmesini sağlanmaması istenmektedir. Yanma olayının gerçekleştiği baca gazları içerisinde bulunan oksijenin miktarının her yanma olayının gerçekleşeceği durumda oksijen oranının minimum seviyede olması istenir (Gordon, 1983).

Yakıt çeşidi olarak doğalgazda oksijen oranı %2 ile %3 seviyelerinde ideal değer olarak temel alındığı, sıvı yakıtlarda oksijen oranının %3 ile %4 seviyeleri oranında olması istenmekte, katı yakıtlarda ise oksijen oranının %5 ile %6 seviyelerinde olması ideal değerler bakımından kabul görülmüştür (Bayram, 2012).

1.1.5.2. Karbondioksit (CO_2)

Bir yanma olayında, yakıt türü açısından karbondioksitin baca gazlarının içerisinde bulunduğu bir oranda yüksek seviyelerinde olması en ilk seçimler arasında kabul görülmektedir. Yakıt cinsi açısından doğalgazda karbondioksit oranının %11 seviyelerinde olması istenilmektedir. Sıvı yakıtta ise karbondioksit oranının %14 seviyelerinde, katı yakıtta %14 seviyelerinde kabul edilebilir görülmektedir. Araştırma ve inceleme başlıkları olarak direkt ilgili olmamakta ve istenilen bir yanma olayının doğal sonucu açısından, baca gazlarında bulunan karbondioksit yüksek seviyelerde tercih edilir. Karbondioksit dış hava sebebiyle sera etkisinin son zamanlarda emisyon olarak kabul görülmüştür. Bu sonuç için düşünülmesi gereken çözüm yolu ise, karbon oranının düşük seviyelerde, Hidrojenin yüksek seviyelerde olması kabul görülerek elde edilen yakıtların kullanımı açısından tercih edilmesi ve fosil yakıtların tercih edilmesi geçen yıllar içerisinde sınırlandırılmasıyla kesinlik olarak kabul edilmektedir (Olgun, 2010).

1.1.5.3. Karbonmonoksit (CO)

Bir yanma olayında sebep olunan enerjinin bacadan salınan kaybın ve bu kaybın sonucunda ısılilik, kirlenmelerden kaynaklı sebepler ile karbonmonoksitin (CO), yanma olayındaki bacadan salınan gazların bulunduğu bir ortamda tercih edilmemektedir. Ve emisyon olarak meydana geldiği kabul edilmektedir. Yanma olayında yakıtta olması gereken oksijen miktarından daha fazla oksijen miktarı artırılarak, eksik olan yanma olayının tam yanma olayı olarak gerçekleştirmek kaydıyla karbonmonoksit kesinlik ile karbondioksit yanma olayında dönüştürülmesi sağlanmalıdır.

Yanma olayında yapılacak olan bacadan salınan gazların ölçüm değerlerinde karbonmonoksitin (CO) değerinin miktar olarak 100 ppm değerlerde olması kabul edilebilir sınırdır (Anonim, 2014).

1.1.5.4. Kükürtdioksit (SO₂)

Bir yanma olayında yakıtın içerisinde bulunan Kükürt'ün yanmasıyla meydana gelen Kükürtdioksit (SO₂), yanma olayının gerçekleştiği ortam için istenmeyen tehlikeli emisyonlar olarak kabul görülmektedir. Baca hesaplamalarında brülörlerde ve bacalarda kullanılan kazanlarda alınacak tedbirlerle alaka dışı olan bacadan salınan partiküllerin, belirtilen değerlerden küçük oranlı Kükürt yakıt türlerinde bacadan salınan gazların içerisinde değerleri düşürülebilinmektedir (Gradana, ve ark., 2009).

Yanma olayında yakıt cinsi olarak doğalgaz tercih edilmesi baca gazında "0" (sıfır) olarak görülen Kükürtdioksit (SO₂) değerinin, sayısal değer olarak %0,5 kabul edilen Kükürt değeri olarak gösteren ve yerli olmayan kömür tercih edildiğinde, bacadan salınan gazların 150 ppm ile 200 ppm değerleri seviyelerinde olduğu görülmektedir. Yanma olayında Kükürtdioksitin, baca gazları içerisinde düşük sıcaklık değerlerinde olması durumunda, su

buharı ile karışım oluşturarak sülfürik asit'e dönüştüğü ve kazanlarda istenmeyen tahribat durumlarına sebep olduğu yapılan çalışmalar ile görülmüştür (Streatfield, 1984).

$S + O_2 \rightarrow SO_2 + \text{Enerji} \rightarrow$ Bu tepkime ile meydana gelen ve binaların tepesindeki bacalardan havaya salınan SO_2 gazı, doğal olan Kükürt çevrimi içerisine girmekte ise de, çok az bir kısmı karışım ile birlikte özümselebilmektedir. Değer olarak maksimum belirtilen şiddetlerde az olan asit tepkimesi ile sülfürikasit (SO_2) benzeri bileşiklere ve tepkimenin sonunda elde edilen sülfatlara olduğu gibi dönüşerek maksimum zaman süresince hava içerisinde atmosferde etkili olabilmektedir. Asit yağışı toprak üzerine düşen sülfatlar ve katı maddelerde bulunan kuru sülfat, yaş sülfatın tepkimesi ile çökmesi durumunda toprak üstüne yağın sülfatların, sürekli olarak direkt asit tesirleri hidrolojik çevrim içerisine girmesi sebebiyle tuzlu olmayan su kaynaklarında hem de toprak katmanlarını olumsuz etkiler oluşturabilmektedir (Bayram, 2012).

1.1.5.5. Azotoksitler (NO_x)

Bir yanma olayında yakıt türünün değişkenliğine göre bacadan atmosfere transfer edilen oksijenin fazlalığına bakılarak katsayı açısından ve baca tasarımından dolayı meydana gelen sebeplerle Azotoksitler (NO_x)'in, ortam bakımından ölçülen emisyon değerleri olarak ön görülmektedir. Yanma olayında yakıt hava değerlerinin elverdiği seviyelerin üzerinde veya altında azotoksitlere oranları bakımından değerlerinin değiştirilmesi, kazan seçimi esnasında dikkate alınması gereken bir noktadır. “Bacadan Salınan Gazların Atmosfere Salınması (Resirkülasyon) Sistemi'nin ve “Bacadan Salınan Düşük Değerli NO_x Brülörleri'nin azotoksit değerlerinin uygun seviyelerde olduğu ve uygun yöntemler kullanılarak istenilen seviyelere getirildiği tespit edilmiştir (Ghali ve ark., 2005).

1.1.5.6. Baca Gazı Sıcaklığı (T_b)

Bir yanma olayında bacadan salınan gazlardan yakıtın içerisinde bulunan Kükürt oranının meydana gelen gazlardan düşük sıcaklıkta olması her zaman istenilmektedir. Olması

gereken sıcaklıkta daha fazla olan birim zamandaki yakıtın debisi, yeterli düzeyde olmayan kazanın ısıtma temas yüzeyi ile duman içerisindeki borularında bulunan kirlilik, yüksek baca gazı sıcaklığına sebep olmaktadır.

Özellik ile dikkat edilmesi gereken önemli bir nokta ise, kazan testinin ve bundan ötürü de bacadan salınan gazların ölçümlerinin sonucunda kazandan minimum en alt gücüne kadar kullanışlı bir yakıt akışında yapılması önem arz etmektedir. Nitekim minimum kazanların potansiyellerinde bacadan salınan gazların sıcaklığından daha düşük olacak şekilde meydana gelmesi istenilen bir olasılıktır. İstenilen sıcaklıktaki baca gazı üzerinden bütün sıcaklık değerleri ise her daim sistemde verim kaybı olduğu anlamına gelmektedir. Baca gazı sıcaklıklarında düşülebilecek en alt sınır değerleri, bacadan salınan gazların çiğlenme (yoğuşma) sıcaklığıyla alakalıdır. Bacadan salınan yoğuşma gazlarının sıcaklığı ise burada bacadan salınan gazların Kükürtdioksit (SO₂) bu netice ile de yakıt bulunduğu ortamda bulunan Kükürt (S) miktarına bağlı olarak değişkenliği önem arz etmektedir.

Yakıt türü olarak doğalgaz tercih edilen kullanımlarda baca gazı sıcaklığı en az 32,87°C en çok ise 60,67°C olduğu, yine yakıt cinsi olarak linyit tercih edilmesi baca sıcaklığı en az 20,74°C en çok ise 46,55°C olduğu ve yakıt cinsi olarak odun birleşigi (%60) tercih edilmesi baca gazı sıcaklığının en az 12,12°C en çok ise 34,12°C olduğu tespit edilmiştir.

1.1.5.7. Su Buharı (H₂O) ve Kondenzasyon

Hidrojen ile aynı türden olan yakıtlarda yanma olayı neticesinde meydana gelen baca gazı karışımlarının oluşturduğu bileşenlerinden birinin su buharı (H₂O) olduğu ifade edilmiştir.

Yanma olayı denklemi;



Yazılan yanma olayı denkleminde 4 gr Hidrojen (H₂), 32 gr Oksijen ile (O₂) tepkimeye girerek 36 gr Su (H₂O) meydana gelmektedir. Farklı olarak belirtilir ise; 1 gr Hidrojen (H₂) ile 9 gr Su (H₂O)'nun meydana gelmesine sebep olmaktadır. Meydana gelen su ise baca gazlarının bulunduğu ortamda su buharı olarak kazanın dışına çıkmaktadır. Meydana gelen suyun tepkime içerisinde buharlaşabilmesi amacı ile tepkime sonucu oluşan ısının bir kısmını

tepkime de harcanmakta ve bu harcanan ısının miktarını ise yakıt alt ısı değeri ve bu neticede yakıt üst ısı değerleri mukayesesinde fark oluşturmaktadır.

Belirtilen açıklamalar yaklaşık olarak formül şeklinde gösterilecek olursa;

$$H_u = H_o - 600W \quad (\text{Marmara Çevre, 2015}) \quad (1.6)$$

H_o = Yakıtın Üst Isıl Değeri (kcal/kg)

W = Yanmanın Sonucunda Meydana Gelen Su Miktarı Değeri (kg)

Örnekte belirtilen Hidrojen (H_2) değeri ile alt ısı değerinin;

$$H_u = (34650) - (600 \times 9) = 29250 \text{ kcal/kg} - H \text{ değeri hesaplanmaktadır.}$$

Belirtilen örneğin içerisinde %95'i Metan (CH_4) gazının oluşması için doğalgaz yapılırsa;

Oluşturulan yanma olayı denkleminde;



Bu denklem de 16 gr Metan (CH_4) gazı, 64 gr Oksijenle (O_2) gazı ile tepkimeye girerek 36 gr su (H_2O) oluşur ve tepkime sonucunda ise 1 gr Metan (CH_4) gazı, 2,25 gr Su (H_2O) meydana gelmektedir. Metan (CH_2) gazının belirtilen alt ısı sayısal değerini hesaplayalım;

$$H_u = 13250 - 600 \times 2.25 = 11900 \text{ kcal/kg-CH}_4 \text{ değerleri bulunur.}$$

Metan (CH_4) gazının sayısal olarak yoğunluğu $\gamma = 0,715 \text{ Kg/Nm}^3$ değeri olarak alınırsa (16 gr/22,4 lt), Nm^3 değeri temel olarak alınırsa, bu alınan temel değerden alt ısı değerler ile belirtilen üst ısı değerlerinin ve yanmanın neticesinde meydana gelen Su (H_2O) miktar olarak;

$$H_o = 13250 \times 0,715 = 9470 \text{ kcal/Nm}^3$$

$$H_u = 11900 \times 0,715 = 8510 \text{ kcal/Nm}^3$$

$$W = 2,25 \times 0,715 = 1,60 \text{ kg-H}_2\text{O/Nm}^3\text{-CH}_4 \text{ hesaplanmaktadır.}$$

Elde edilen sonuçlar incelendiğinde; yakıt türü olarak doğalgaz'ın tercih edilmesi ve Hidrojen (H_2) ile aynı türde olan yakıtların tercih edilmesi yukarıda hesaplanan iki önemli altı çizilmesi gereken noktalar.

Bu önemli ve altı çizilmesi gereken noktalardan birincisi, baca gazlarının bulunduğu ortamla aynı ortamda bulunan atılan su buharının baca içerisinde yoğunlaşmasıyla oluşan tahribatların sonucunda oluşan çöküntülerin sebebiyetlerden dolayı meydana gelen kazalar (açıklama da verilmesi gereken 20.000 kcal/h kapasitesine sahip konvansiyonel olmayan kombi maksimum potansiyelde çalıştırıldığında 4,0 kg/h su buharı ürettiği tespit edilmiştir). İkinci önemli olan ve altı çizilmesi gereken nokta ise; alt ısı değer ve üst ısı değerlerinin mukayesesinde elde edilmeyen oluşumun normal düzeyde kullanımlı paslanmaz kazan tiplerinde oluşturulan enerjinin kaybıdır.

Alt ısı değerinin sayısal değeri temel düşünüldüğünde, yakıtın cinsi açısından, Metan (CH_4) gazı ile aynı kökene sahip doğalgazda bu aradaki fark %11, Hidrojende %18,5 seviyelerinde olduğu tespit edilmektedir. Son teknolojik cihazlar olan kondenzasyonlu yani yoğunlaşmalı, yakıt tipi olarak ise doğalgazlı kazan tiplerinde kazanın içerisinde farklı olarak entegre edilen yoğunlaştırıcı tiptir. Bacadan salınan gazların içerisinde meydana gelen su ve su buharının yoğunlaşması sağlanır. Bunun yanında amaç sistemin dönüşündeki suyun yoğunlaştırıcı içerisinde geçişine izin verilmesidir. Bacadan salınan gazın sıcaklığının doğalgaz için çiğlenme sıcaklığı $32,87^\circ\text{C}$ 'ye kadar olan düşük değerlere kadar inmektedir.

Neticede sıcaklığı düşürülen gazın, bacadan salınan gazların ısılarına ilave edildiğinde, yoğunlaşarak meydana gelen suyun ısının gizli değeri de kazanın içerisindeki akışkanın içerisine nüfuz edilerek yoğunlaştırılır. Meydana gelen suyun sayısal değerine ilave olarak temel düşünüldüğünde alınan kazan tiplerine kıyasla verim değerleri %10 ile %15 değerlerinde artışının olduğu görülmektedir. Bu durumda ise üst ısı değer seviyelerine oran ile elde edilen verimin değeri ise her daim %100 değerinden küçük olduğu görülür (Olesen, 1994).

1.1.6. Baca Gazı Ölçümünün Hava Kalitesi Belirlenmesindeki Etkileri

Günümüzün çevresel sorunları ile ilgili dünyada enerjinin temel unsur olması ve enerjinin meydana gelmesinde, enerjinin üretilme, transfer ve tüketilmesi en temel teknolojik mühendislik tasarımlarını barındıran kompleks uygulamalardır. Üretilen enerjinin sarfiyatını engelleyecek düzenekte sarf edilmesinin öneminin ciddi olmasından ve enerjiyi meydana getirmek için elde edilecek verilerin verimli düzenek ile tüketilmesi en temel kurallar çerçevesinde olması gerekir. Bunun nedeni ise; enerji=ekonomidir.

Yeryüzündeki kara parçalarının sahip oldukları temel enerji ihtiyaçları ile ülkelerin sosyoekonomik potansiyelleri enerji kaynaklarının istenilen verimlilikte tüketilmeleri ile doğrudan doğruya orantılıdır. Bu temel konuda günümüz koşullarda neredeyse bütün endüstri alanlarında tüketilen brülör sistemleri ile kazan sistemleri, enerjinin en temel kaynakları olan yakıt cinslerinin (doğalgaz, fueloil, kömür, linyit vs.) tüketilerek enerji (elektrik, ısı, buhar vs.) meydana getiren komplikasyonlardır. Endüstriyel tesislerin muhtemel çok küçük masraflarda enerjinin üretebilmeleri için endüstriyel tesislerin masraflarını en az seviyelere düşürebilmek büyük maliyetler arz etmektedir (Teslo, 2000).

Açıklama yapılan işlemin önünde temel enerjinin ana kaynaklarından yakıt tiplerinin bilimsel gözlemleridir. Maksimum verim yanma olaylarını oluşturarak kayıp oluşmadan tüm yakıt tiplerini enerjiye çevirmekte yatar. Teorik olarak kayıp vermeden enerjinin kazancının olası bir durum mümkün olsa da pratik olarak pek olağan değildir. Çünkü mutlak suret ile kayıplar meydana gelecektir (Teslo, 2000). Bu kayıpları hassas bir şekilde ölçüp en az seviyeye düşürmek ve enerji oluşturmak en ideal yöntemidir. Brülör ve kazan sistemlerinde muhtemel yanma olayını oluşturmak için iki ana parametre vardır. Bu parametrelerden birincisi yanma olayındaki yakıt cinsi oranının mutlak ayarı, ikincisi ise havanın mutlak oranının ayarısıdır. Belirtilen iki ayarın her daim muhtemel ayarını oluşturmak için yanma olayı meydana gelerek oluşturulur. Bacadan salınan gazların ve yanma olayı verimliliğinin analizörleri ise adeta tepkimenin beynine hakimiyet oluşturarak enerjiyi muhtemel tarzda oluşturmasını sağlamaktadır.

Örnek verilir ise gerçekleşen yanma olayı için optimum havanın muhtemel durumda düzenlemesidir. Bu muhtemel yanma olayında yanmanın gerçekleştiği ortamda küçük oranlarda Oksijen (O_2) tepkimeye sokulursa yanma olayı eksiksiz şekilde meydana geleceğinden fazla oranlarda Karbonmonooksit (CO) oluşur (Anonim, 2014).

Yanma olayında fazla oranda Karbonmonooksit (CO) oluşması verimin düşük seviyelerde görülmesi anlamına gelmektedir. Bu durum enerjinin yakılmadan dış ortama

bırakıldığına bir açıklamasıdır. Bir diğer taraftan da havanın klapelerinin gerektiğinden yüksek oranda açığa çıkarılması normalden daha fazla havalandırılma elde edilmesi durumunda Karbonmonooksit (CO) meydana gelmemiş olacaktır (Teslo, 2000).

Bacadan salınan gazların ölçümlelerinde, yanma işleminde kullanılan kazanların yanma verimliliği göz önünde bulundurularak yapılan ölçümlerde yanma olayının istenilen düzeylerde gerçekleşip gerçekleşmediği neticesinde yakıt tipinin istenilen seviyelerde olduğu ile ilgili tespiti yapılmaktadır (Ruston, 1985).

Teorik açıdan yanma olayındaki yakıt tipi eksiksiz olarak tam yanma olayı olarak gerçekleştiği düşünülür. Fakat olması gereken miktarından daha fazla havadan dolayı, yanma sistemindeki soğuma olayı ortaya çıkacak ve gerçekleşen temel olayda muhtemel enerji kaybının gerçekleşeceği bariz bir şekilde ortaya çıkacaktır (Brandi, 1972).

Yanma olayındaki verimin hava fazlalığı en az seviyeye düşürülürken, açığa çıkan ısı kaybının minimum seviyelerde sabitlenmesi ile elde edilir. Bacadan salınan gazların analizleri sonucunda; O₂, CO₂, CO, bacadaki partiküllerin sıcaklığı, ortamın yanma olayındaki veriminin fazlalık hava katsayısı vb. değişkenleri göz önünde tutularak sistemin muhtemel durumunu gözlem altına alarak enerji kaybının en az seviyeye düşürülmektedir (Kartal, 2000).

Sanayi tipi merkezi sistem kalorifer, konut tipi kalorifer ve fırın sistemlerinin bacadan salınan gazların incelemelerinde geniş tipli bacaları da göz önünde bulundurulması ile oksijen gazı, Karbonmonoksit (CO) bileşiği ve sıcaklık değerleri gibi parametreler dikkate alınarak gerçekleştirilir (Ghali ve ark., 2005).

Yanma olayının gerçekleştiği andaki verimliliği göz önünde bulundurularak kontrolün, yakıtın asıl tasarrufu düşünülerek ve emisyon oranlarında düşme olup olmadığı sonucunda gerçekleşen işlemde maliyet analizi yapılarak gerekli önlemler alınarak verim artırılabilir (Çengel, 1996).

Kirli bacadan salınan ve kara baca gazı dumanlarının insanların oksijen alıp verdikleri dış dünyalarını olumsuz etkilerinin en ilk belirtilerinden, çevresel kirliliğin temel problemin ana nedeni olmasından dolayı bacadan salınan gazların ölçümünün oluşturulacak raporlama işleminde açıkça belirtilmesi önemlidir (Champier ve ark., 2010).

Bacadan salınan gazların ölçümleri ve analizleri neticesinde kazanların yanma verimliliği ölçülerek istenilen düzeyde gerçekleşip gerçekleşmediği ve yakıt tipinin en iyi oranlarda harcanıp harcanmadığı gibi analizlerin değişkenlikleri oluşturulur (EGO, 2000).

22 Temmuz 2006 tarihinde ve 26236 sayısındaki Resmi Gazetede ilan edilerek kamuoyuna sunulan ve uygulama sokulan ‘‘Endüstriyel Tesislerden Dolayı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği’’ esas alınarak endüstriyel ve enerji üreten endüstriyel tesislerin çalışmaları neticesinde dış ortama bırakılan duman, gaz, is, aerosol ve buhar halindeki emisyonları gözlemlenmiştir. İnsanları ve yaşadıkları çevrelerini hava alıcı ortamındaki kirlenmelerden oluşacak tehditlerden korumak için; havanın kirlenmeleri nedeniyle insanların yaşadıkları çevrelerinde meydana gelen komşuluk ve umuma açık ilişkilerine çok ciddi tehditler oluşturacaktır. Bu negatif tesirleri mevcut düzeyden kaldırmak için etkilerinin meydana çıkmaması için bacadan salınan gazların incelemeleri aşağıda belirtilen kriterler ile oluşturulur:

- Oksijen (O_2) gazı, Karbonmonoksit (CO) bileşiği, Karbondioksit (CO_2) bileşiği, Kükürtdioksit (SO_2) bileşiği, Azotoksit (NO) bileşiği, Azotdioksit (NO_2) bileşiği, NO_x Yanma Gazları Emisyonlarının Ölçümü Çalışması,
- Toz (Partikül Madde) Ölçüm Çalışması,
- Gazların Kütlesel Debi Tayini Çalışması,
- Tozların Kütlesel Debi Tayini Çalışması,
- Islilik Değerinin Ölçülmesi Çalışması,
- Hız Değerinin Ölçülmesi Çalışması,
- Debi Değerinin Ölçülmesi Çalışması,
- Yanma Olayının Gerçekleştiği Yanmanın Verimlilik Tespit Edilmesi Çalışması,
- Uçucu Tip Organik Gazların (VOC) Emisyonlarının Ölçüm Değeri Çalışması,
- Bacadan Salınan Gazların Sıcaklık Değerinin Ölçülmesi Çalışması,
- Yoğuşma Noktalarının (Dew Point) Değerinin Belirlenme Çalışması,
- Bacadan Salınan Gazların Nemlilik Değerlerinin Belirlenme Çalışması,
- Klor ve Flor Emisyonları Değerinin Belirlenme Çalışması,
- Yakmanın Gerçekleştiği Tesislerin, Gaz Arıtma ve Toz Arıtma Sistemlerinin Verimlilik ve Performanslarının Ölçülmesi Çalışmaları,

Yukarıda belirtilen çalışmaların ölçüm işlemlerinin hesaplanmasının:

- TS ISO 7935 SO₂ Yönetmeliği,
- TS ISO 12039 Yönetmeliği ve CO, O₂, CO₂ Kriterlerindeki Değerler,
- EPA CTM 22 NO_x(NO+NO₂) Yönetmeliği,
- TS ISO 9096, EPA 17, EPA 5, TS ISO 13524, VDI 2066 Toz Yönetmeliği,
- TS ISO 10396 Hız Yönetmeliği,
- TS 9503 İslilik Yönetmeliği,
- TS EN 1911-1, 2, 3 Klor Yönetmeliği,
- TS EN 13649 Uçucu Olan Organik Bileşikler ile Buharların Yönetmeliği

Yönetmeliklerde belirtilen değerlere uygun yapılması gerekmektedir.

Yukarıda belirtilen bilgiler doğrultusunda bu çalışmada Batman ilinde hava kalitesinin tespit edilmesi ile bacadan atmosfere salınan partiküllerin değerleri tespit edilmiştir. Bacadan atmosfere salınan partiküllerin sayısal analiz programında basınç, sıcaklık ve hız değerleri ile modelleme çalışmaları yapılmıştır.

1.1.7. Baca Gazı Emisyon Ölçümü

Baca gazı emisyon ölçümü; Baca Gazı Emisyon Değerlerinin Ölçüm İşlemi ve Hava Kirleticisi Emisyonlar olma üzere 2 ana başlıkta incelenmiştir. Baca gazı ölçüm emisyonun önemi ve neden yapıldığı ile ilgili açıklamalar aşağıda belirtilmiştir.

1.1.7.1. Baca Gazının Emisyon Değerlerinin Ölçüm İşlemi

Yanma olayının gerçekleşmesi için gerekli olan yakıtın ve bu yakıt çeşitleri ile aynı neticeler veren yakıt tiplerinin yakılması sonucu; ayrıştırma işlemi, buharlaştırma işlemleri, sentezleme işlemleri vb durumlar gibi işlemler yapılır. Bu materyallerin yığınlaştırılması, maddelerin ayrıştırılması, maddelerin transfer işlemleri sonucunda farklı fiziksel durumlar neticesinde endüstriyel sistemlerden dış ortamlara bırakılan hava kirleticileri olan partiküllerin yaratmış olduğu kirliliklerdir (Ölçüm, 1995).

Yapılan baca gazı emisyon ölçümleri, çeşitli aktiviteler sonucunda meydana gelen ve baca aracılığı ile atmosfere salınan partikül ve atık gazların ölçümü içerisinde barındırmaktadır (Marmara Çevre, 2015).

Endüstriyel üretim tesislerinde ve enerjinin üretildiği kompleks tesislerde gerçekleşen aktivitelerin neticesinde meydana gelen ve dış ortama salınan buhar, gaz, duman, is gibi kirlilikler neticesinde ve aerosol halinde olan partiküller ve emisyonlar miktarını gözlemler. Bunun sonucunda değerler istenilen seviyelerde tutularak; insanları ve insanların yaşadıkları çevreleri havanın temiz olması durumuna getirilir. Kötü çevre şartlarından dolayı meydana gelen zararlardan ortamı muhafaza etmek gerekir. Havanın oksijen oranının çok düşük seviyelerde olması; insanların yaşadıkları ortamlarda meydana gelen kötü çevresel etmenlerden dolayı oluşan ciddi oranda zararlar meydana gelmektedir (Ölçüm, 1995).

1.1.7.2. Hava Kirletici Emisyonlar

Baca gazı ölçümünde hava kirletici emisyonlar; Kentsel Hava Kirleticileri, Atmosferdeki Diğer Dış Ortam Hava Kirleticileri ve İç Ortamlarda Bulunan Kirleticiler olmak üzere 3 ana başlıkta incelenmiştir. Baca gazı ölçümünde elde edilen partiküller ve bu partiküllerin havayı kirletici olarak verdiği zararlar ile ilgili özellikler aşağıda açıklanmıştır.

1.1.7.2.1. Kentsel Hava Kirleticileri

Kentsel sahalarda, dış ortamın havasında var olan ana ve temel atmosferde bulunan ve kirli hava şeklinde olan; Asılı Partiküler Maddeler (APM) kirleticileri, Kurşun (Pb) elementi gibi zararlı elementler, Azotoksitleri (NO_x) gibi zehirli bileşik halinde bulunan kirleticiler, Ozon (O_3) halinde bulunan zararlı elementler, Kükürtdioksit (SO_2) bileşikleri, Karbonmonoksit (CO) gibi zararlı bileşikler gibi ana kirleticiler olarak isimlendirilen atmosferde bulunan zehirli partiküllerdir. Belirtilen açıklamadan farklı olarak asit aerosolleri ve Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar (PAH) tipinde olan atmosferdeki hava ve toksin halinde bulunan partiküller zamanla yükselen seviyede ciddi oranlarda olabilmektedir.

Hangi hava kirleticilerin hava kalitesi sıkıntılarına neden olduğu endüstrileşme tedbirleri ve yapılan uygulamalar neticesinde gözlem altına alınması için gerekli tedbirlerin

gerçekleşen ulaşımın çeşitli problemleri, hava koşulları kriterleri ve toprak yapısı özellikleri içinde barındıran kriterlere bağlı olmak ile bu tür tedbirlerin alınması gerekmektedir.

Ek olarak ise; insan problemleri düşünüldüğünde, atmosfer içerisinde bulunan temel havadaki kirlilik parametrelerine ek ilave desteğini de ciddiye alarak çalışmalar yapmak gerekmektedir. Gözlem altına alınması gerekli olan kirli hava parametrelerin tercihin de; ölçüm yapılacak olan asıl yerin seçiminin tercih edilen parametreler ile aynı gözlem yolundaki işlemler faktöre de tesir edecektir. Kalite güvenilirliği gayelerinin belirlenmesi yolunda, kirleticilerin beklenen düzeylerde önemli derece sayılabilecek konumda etkin olması gerekecektir.

En temel özellik olarak atmosferde bulunan kirli hava partiküllerin en belirgin ana kriterleri aşağıda özellikler şeklinde detaylı bir şekilde açıklanmıştır:

1.1.7.2.2. Kükürtdioksit (SO₂)

Bu başlık altında değinilecek hava kirletici, boğucu, renksiz, asidik bir gaz olduğunu belirtmekte fayda bulunmaktadır. Atmosferik olan SO₂ partikülünün yaklaşık olarak tamamının yarısı kadar doğal olarak emisyonlardan dolayı meydana gelmektedirler (UNEP, 1991).

Doğal yaşamda insanlar tarafından çeşitli nedenlerle meydana getirilen Kükürtdioksit (SO₂); yakma olayının temel yakıtları olan fuel-oil ve kömür tabi yollarla bileşiğin molekülerinde mevcut olan kükürt elementi gibi karışımların yakılması sonucunda meydana gelmektedir. İnsanların yaşadıkları topraklar genelinde ana doğal yapıların, sanayi işlemleri sonucu, soğuma yaşanmaması için tüketilmekte evlerdeki yakıtların ve enerji santrallerin olduğunu belirtmek net olmaktadır. Meydana gelen bu seviyelerin miktar olarak minimum seviyede olan dizel tipli yakıt ile çalışan taşıtlardan dolayı meydana gelmektedir. Kükürtdioksit (SO₂)'nin çok büyük seviyelerdeki derişimleri, aksırma gibi rahatsızlıkların neticesinde de solunum yollarındaki organların düzgün çalışmalarında değişikliklere sebebiyet vererek akciğer organının düzenli çalışmamasına nedenler oluşturmaktadır (Belosevic, 2005).

Belirtilen gazın açıklanan zararlarının dışında beton yapıların ve diğer maddelerin de aşınmalarına nedenler oluşturmaktadır. Doğadaki tüm canlılara ciddi zararlara sebep olmakta

ve neticede asit yağmurları oluşumu ve ikincil olan maddelerin temel sebebidir. Kükürtdioksit (SO_2)'nin havadaki derişimleri, genel olarak evlerde kullanılan ısınma teknikleri gayesi ile odun birleşği (%60) gibi yakıtların tüketiminin çok fazla bulunduğu illerde kullanımı yüksek mertebelerdedir.

Günümüz koşullardan 20-30 yıl önce nadir illerde kullanılan yakıtlara oranla temizlik ve havayı kirletme oranı düşük olan illerde tercih edilmesi farklı bir açıdan ise mevcut havadan temizliği iyi olan ısınma yöntemlerinin kullanılması ve bu kullanımın neticesinde derişimlerde küçük bir miktar da düşme potansiyeli çalışmalar neticesinde görülmüştür.

Kükürtdioksit (SO_2)'nin atmosferik derişimleri, genel olarak illerin merkez kısımlarında, sanayi tesislerin bulunduğu ortamlarda veya yakın çevresinde derecesi fazladır (Massey ve ark., 2012).

1.1.7.2.3. Asılı Partiküler Madde (APM)

Bu başlıkta belirtilen tanımlama, havadaki ağırlıkları sebebi ile hız bir şekilde atmosfer içerisinde dağılan küçük boyutta olmayan, havada dağılan boyutları minimum olan moleküler yapıdaki sıvı maddeleri veya katı maddeleri olan partiküllerdir. Kükürtdioksit (SO_2) bileşği kamusal sahalarda sürekli olmak ile büyük bir alanı kapsayan ortamı temizlik oranını düşüren önemli derecede etkilidir. Asılı Partiküler Madde farklı dokümanların birleştirilmesi ile oluşturulan bir kaynaktır. Bu APM'ler, yanma olayı sonucunda meydana gelen, dizel yakıt ile çalışan motorlar, inşaat faaliyetlerinin yanında endüstriyel tipteki faaliyetler, ikincil olarak isimlendiren aerosoller yani; azotoksitler, sülfür ve amonyak gibi maddelerin atmosferde tepkimeye girmesiyle meydana gelmektedir. Yerden kalkan tozlar ve bitkilerin polenleri gibi tabi olan temel partiküller de bulunmaktadır. Belirtilen bu partiküller ise; taneciklerin belirtilen boyutları, taneciklerin renklerinin koyuluk durumları, yine taneciklerin kimyasal yapısının bileşimleri ve son olarak ise sıhhatli olma durumlarının tesirlerinin kapasitelerine oran ile daha büyük alanda değişimler meydana gelmektedir. Boyutsal olarak büyük olan partiküllerin, insanların vücutlarının tabi olan partiküllere karşı vücut dirençlerinin savunmalarının özellikleri insan vücudundan savunma mekanizması sayesinde dış ortama atılır. Boyutsal olarak çok küçük olan partiküllerin ise insanların akciğer organının hassas noktalarına ulaşarak yıkıcı ve solunum yollarının tıkayıcı tesirlere sebep olmaktadır. Dizel

yakıtı ile çalışan motor tiplerinden çıkan dumanların sık olmamak ile ufak boyutlardaki partikülleri solunum yolu tıkanıklıklarına neden olabilmektedir (Massey ve ark., 2012).

İnsanların yaşadıkları sahalardaki partiküllerin derişimleri; çok büyük oranda partiküller oluştğı noktalara, emisyon tesirlerine ve bu partiküllerin çeşitleri ile değişmektedir (Varol, 1991). Açıklanan bu durumların neticesinde ise; derişimler ortak illerin içerisinde ve illerden illere göre yüksek ölçülerde farklılıklar arz edebilmektedir.

1.1.7.2.4. Azotoksitleri (NO_x)

Azotoksitlerin atmosfere atılma oranlarında; tabi kaynaklar neticesinde oluşan, insanların yaşamsal hareketleri gibi farklı sebepler neticeleri ile tam olarak oransal kıyaslanmasında eşit durumlarda dış ortama yani havaya karışmaktadırlar.

Azotoksitler (NO_x) tabi kaynakların sonucunda bütün ülkeler çapında eşit durumlarda karışmasına karşın, insanların yaşamsal hareketliliklerinden dolayı meydana gelen maddeler, insan sayısının çok fazla sayılarda temel olan sahalarda toplanmıştır. İnsanların yaşadıkları sahalarda bulunan en mühim Azotoksitleri; Azotdioksit (NO₂) ile Azotmonoksit (NO) bileşikleridir. NO₂ sağlık ve ekosistem içerisindeki tesirleri NO bileşiğine oran ile daha iyi, daha sağlıklı ve ekosistemsel tesirleri mevcuttur. Ölçülebilirlik açısından NO₂ farklı tipteki ölçümlerin metodolojileri elde edilerek tespit edilebilir (UNEP, 1991).

İnsanların yaşadıkları sahalardaki NO₂'nin temel nedeni ise; elektrik üretimlerin yoğun olduğu sahalara, endüstriyel tesislerin ısıtılmasının yoğun olduğu sahalara, sanayinin yoğun olduğu yerlerdeki prosesler ve motorlu taşıtlardaki yakıt tiplerinin yanmasıdır. Atmosferde bulunan NO₂ miktarının en çok oranı Azotmonoksit (NO) bileşiklerinin emisyonlarının oksidasyonu sonucu ile meydana gelmesidir. Azotdioksitin (NO₂) en olumsuz yönlerinden biri ise; akciğer solunum yollarında yok edici gibi tesire sahip bir bileşik olmasıdır. Toksiklik derecesi ise; yüksek mertebelerde konsantrasyonlara sahip olmasıdır. Fotokimyasal duman etkisinin, asit yağmurlarının oluşumu gibi, ikincil form halinde bulunan partiküllerin meydana gelmesi gibi yöntemsel etkileri vardır. Ozon ile SO₂ bileşiği, önemli ekinler üzerinde ve doğadaki önemli bitki örtüsü üstünde zehirli tesirleri oluşmaktadır (Massey ve ark., 2012).

İnsanların yoğun olarak yaşadıkları sahalarda ise konsantrasyonların oranları, araç sayısının fazla olduğu yerlerde trafik emisyonları nedeni illerin merkezlerinde ve büyük caddelere uzak olmayan sahalarda çok büyük konsantrasyon oranlarında bulunmaktadır (Topal, 2000).

1.1.7.2.5. Karbonmonoksit (CO)

Fosil yakıtların ve organik maddelerin eksiksiz bir şekilde yanması sonucu Karbonmonoksit (CO) meydana gelmektedir. Karbonmonoksit'in oluşma nedeni ise; trafikte bulunan motorlu tip taşıtların trafik durumlarındandır. Kanın içerisinde oksijen gibi hayati bir elementi taşıyan hemoglobinin taşınması sırasında tesiri çok etkilidir. Kanın içerisinde bulunan oksijen elementinin, Karbonmonoksit bileşiğiyle bulundukları ortamlarından farklı ortamlara taşınmaları neticesinde oksijenin eksikliğine sebebiyet vererek ölüm oranlarında çok ciddi artışlar meydana gelmektedir (UNEP, 1991).

İnsanların yoğun yaşadıkları sahalarda Karbonmonoksitin (CO) mekânsal yerlere göre yayılması araç sayısına bağlı olarak değişmektedir. Konsantrasyon oranları ise; caddelerin kenarlarında çok fazla sayılarda meydana gelmektedir ve caddelerde daha uzak ve daha farklı yerlere gidildikçe ise oransal olarak çok hızlı olarak azalmaktadır (Streatfielk, 1984).

1.1.7.2.6. Kurşun (Pb)

Kurşun (Pb) kentsel hava kirleticileri arasında en genel olan ve en ağır metal hava kirleticisidir. Kurşunlu yakıt tipini kullanan motorlu taşıt emisyonları atmosferin en temel kaynağını oluşturmaktadır. Sık olmayan mahallî alanlarda sanayi hareketlerinin yoğun olduğu yerlerde kurşunun oluşumuna sebep vermektedir. Birikim tipi olarak en ölümcül tip olan kurşun birikim oluşturarak meydana gelen bir zehir türüdür. İnsan vücudu içerisinde küçük oranlarda birikim oluşturarak insanların merkezi sinir sistemine çok ciddi zehir etkisi oluşturarak zarar verir ve neticede insanların davranışlarında değişikliklere neden olmaktadır. Benzinin yoğun kullanıldığı ülkelerde özellik ile benzini kurşunsuz olan araçlarda tasarruf edilmediği müddetçe trafikte araçların yoğun olduğu yerlerde CO ile NO₂ derişimleri

Kurşun (Pb)'un çok yüksek mertebelere çıkması muhtemel durumlar arasındadır (Shook, 1991).

1.1.7.2.7. Ozon (O₃)

Ozon (O₃) ikincil en zararlı hava kirleticisidir. Oluşumu ise; güneş ışıkları ortamda olduğunda, Azotoksitleri ile uçucu organik bileşikler (VOC's) olan aralarındaki dış ortamda bulunan hava ile atmosferik tepkimeler neticesinde troposfer tabakasında meydana gelen bir kentsel hava kirleticileri arasındadır. Ozon (O₃) insanlar için önemli olan biyolojik tip maddeleriyle birlikte tepkime oluşturur, insanların sağlıklı solunum yolları için çok önemli olan doğadaki bitki örtülerine zehir etkisi oluşturacak olan zararlar oluşturabilir. Önemli yaşamsal organlar olan burun, boğaz ve göz tahrişlerine neden olur. Akciğer gibi solunum aktivitelerin de akut denilen zararlı tesirlere neden olabilir. Ve solunumu zorluklarına sebep olur. Kauçuk boyalar gibi ve elastomerler gibi maddeler üzerinde tesirleri çok fazladır. Atmosferde sera gazı gibi hareket eder ve asit yağmurlarının oluşumuna sebep olabilir (Noir, 1992). Ozonun mekânsal olarak düşünüldüğünde ise; atmosfer içinde yayılımı öteki kentsel hava kirleticileri etki ve tesirlerinden farklılıkları vardır. Hava içerisinde sürekli olarak oluşumu gün içerisindeki saatler dilimlerinde her dilim süresince oluşumu durmadan devam etmektedir.

Konsantrasyonları ise; NO_x ile VOC emisyonlarından meydana gelmektedir. Birincil konsantrasyonlar olan CO ile NO_x bileşikleri yüksek mertebelerde kabul edildiği seviyelerde kentsel hava konsantrasyonları seviyelerde olmaması muhtemel sonuçlardandır. Pratik olarak, toplumda yaşayan insanların ozon gibi kentsel hava kirleticisine maruz kalması o il'in merkezinde yaşayan insanlardan farklı olarak merkezde farklı yerlerde yaşayan, sayısal yoğunluğu ve sanayisi gelişmiş illerin, esen farklı hızdaki esintilerin tesirleri ile çok daha yüksek seviyelerde olması beklenir (Svedberg, 1986).

1.1.7.3. Atmosferdeki Diğer Dış Ortam Hava Kirleticileri

Kentsel hava kirletici tipleri insanların yaşadıkları ortamlarda büyük alanlarda sıklıkla görülmektedir. Fakat teknolojik gelişmeler ile doğadaki hava ve Oksijen dengesinin bozulması neticesinde asitli tip hava konusu ile hava toksinleri gibi önem arz eden maddeleri üzerinde araştırmalar yapılmaktadır. Hava toksinlerini meydana getiren temel bileşikler ise; trafikteki motorlu tip araçlar, doğada umumi yerler, kok gibi maddelerin üretilmesi, kömürün yakılması sonucunda meydana gelen Poliaromatik tipteki Hidrokarbon (PAH's) çeşitleri ile petrolün yanmasıyla birincil derecede meydana gelen benzen (C_6H_6) gibi uçucu organik bileşiklerdir.

Asitli hava; HNO_3 ve H_2SO_4 , NO_2 ve SO_2 bileşiklerinden meydana gelmektedir. Temel bileşenler ise, Sülfürik asit ve Nitritasit'tir (Lertsatithanakorn ve ark., 2007).

Atmosferde diğer dış ortam hava kirleticilerin izleme metodolojilerinin, atmosferde yayılmaları sonucu tesirleri iyi derecelerde belirlenememiştir. Belirtilen sahalarda önemli ve derinlemesine çalışmaların yürütülmesi gerekmektedir (Moran ve ark., 2004).

1.1.7.4. İç Ortamlarda Bulunan Hava Kirleticileri

Havanın kalitesinin belirlenmesinde, genel olarak dış ortamlarda bulunan hava kirleticilerinin konsantrasyonlarının ölçülmesiyle yapılan bu çalışmada farklı olarak iç ortamlarda bulunan hava kirleticilerinin de insanlara etkilerinin neticesinde insan sağlığını önemli derecede etkileyebilme durumları gözlemlenmiştir. En başta belirtmek gerekir ise; iç ortamlarda bulunan hava kirleticileri ile dış ortamlarda bulunan hava kirleticilerin insanların sağlığına etkisi düşünüldüğünde etki seviyelerinin kıyaslanmaları farklıdır.

İç ortamda bulunan havanın kalitesi, dış ortamda bulunan konsantrasyonlarından etkilenme durumları olmasına karşın, iç ortam ve dış ortam hava kirletici ile diğer kirleticilerin neredeyse tamamına yakını apartmanların içerisinde biriken ve uzaklaştırma hızları oldukça yüksek seviyelerdedir. Burada temel kirleticileri ise, yapıların materyal tesirleri ile toprak materyalinden meydana gelen formaldehit, radon, NO_2 , CO asbest (ve diğer partikül materyalleri) ve solunum yollarına karışabilecek diğer partikül maddelerdir (Bıçakcı, 1995).

Belirtilen materyaller dışında önemli olan bir diğer materyal ise; organik maddelerdir. Organik maddeler; yakıt tiplerinin yanma işleminin neticesinde meydana gelen uçucu tip bileşikler, çözücü maddeler, biyosit tipli maddeler, insanlardan meydana gelen ve insanların kalıntılarından dolayı meydana gelen alerjenler, yaşayan bütün organizmalar, petler ve petlerin pestleri gibi maddeleri içerisinde bulundurur. İç ortamlarda bulunan hava kirliliği sorunları apartmandan apartmana, yaşanan bölgelerden bölgelere, bir yıl süresince farklı dönemlerde değişiklikler gözlenebilmektedir. İnsanların bu maddelere maruz kalma derecesi, apartmanların dış ortam ile iç ortam hava değişiklik hızları, apartmanlarda yemek yapma gibi işlemlerin yapılması, ısıtma, soğutma veya havalandırma tipleri, insanların sigara içmeleri, apartmanların yapıları ile tiplerinden etki düzeylerine göre farklılıklar görülmektedir. Belirtilen bu sebeplerden dolayı ortamdaki havanın kalitesini araştırma çalışmaları yapma işlemlerinde bu tesirlerin önem ile göz önünde bulundurulması gerekmektedir (Marmara Çevre, 2015).

1.1.8. Baca Gazı Ölçümü

Sıcak kazanlarda, kombilerde, brülörlerde bacaların çekiş gücü gibi etkenlerinin oluşturduğu havanın sirkülasyonundan dolayı meydana gelen ısı kayıplarının incelenme çalışmaları teorik olarak aşağıda detaylı olarak açıklanmıştır.

1.1.8.1. Baca Kesiti (F)

Bacanın kesiti, kazanın kapasitesi (Q_k) ve yakıtın cinsine bağlı bacanın sabit bir katsayısı (n) ile orantılı olacak bir şekilde değişir iken, bacanın yüksekliğinin (H) karekökünün sayısal değeri ile ters orantılı olacak şekilde değeri değişmektedir (MMO, 1989; EGO, 2000).

$$F = \frac{n \times Q_k}{\sqrt{H}} \quad (\text{cm}^2)$$

(1.8)

n = Yakıtın tipi ile değişen sabit bir sayı (Doğalgaz.... n = 0,0010 – 0,0012) (EGO, 2000)

n = Yakıtın tipi ile değişen sabit bir sayı (Fueloil n = 0,020) (MMO, 1989)

n = Yakıtın tipi ile değişen sabit bir sayı (Katı Yakıt... $n = 0,030$) (MMO, 1989)

1.1.8.2. Baca Çekiş Etkisi (ΔP)

Baca çekişinin toplam etkisi; bacanın yüksekliği ve brülör, kombi, kazan sıcaklığının ile atmosferdeki havanın sıcaklığının mukayesesinin farkı ile doğru orantı bir şekilde sayısal değerleri değişmektedir (Ashrae, 1997; Brandi O.H., 1972).

$$\Delta P = H \times g \times (y_2 - y_1) \text{ (Pa)} \quad (1.9)$$

$$\Delta P = H \times (y_2 - y_1) \text{ (mmSS)} \quad (1.10)$$

H = Bacanın toplam yüksekliği (m)

y_1 = Kombi, Brülör ve Kombi sıcaklığı tesirindeki hava yoğunluğu (kg/m^3)

y_2 = Atmosfer ortamındaki havanın bu sıcaklık etkisindeki hava yoğunluğu (kg/m^3)

1.1.8.3. Bacadaki Sıcak Havanın Hızı (W)

Bacadan salınan ve sıcak olan havanın hızı, bacanın çekişiyle orantılı bir şekilde sayısal değerleri değişmektedir (Brandi, 1972).

$$W = \sqrt{\frac{2g\Delta P}{\lambda_1}} \quad (\text{m/sn}) \quad (1.11)$$

1.1.8.4. Bacada Sıcak Hava Debisi (V)

Baca içerisindeki sıcak havanın debisi, bacanın dizayn edilmesi planlanan kesitiyle ve havanın baca içerisindeki hız değeri ile orantılı olacak değişkenlik göstermektedir (Brandi O. H., 1972).

$$V = F \times W \times 3600 \text{ (m}^3/\text{h)} \quad (1.12)$$

1.1.8.5. Bacada Sıcak Hava ile Taşınan Enerji (Q)

Bacadan salınan sıcak havayla aynı anda transfer edilen ısıнын miktarları ile havanın debisi, kazanın, kombinin, brülörün ve dış ortamdaki hava sıcaklıkları aralarındaki fark ile mukayese edildiğinde doğru orantılı şekilde arttığı görülmektedir.

İç soğuma tüketilmelerine bakıldığında ise; Kazanların, kombilerin ve brülörlerde iç soğuma tüketilmelerinden meydana gelen kayıpların yıllık verime tesirinin tespit edilmesi noktasında, brülörlerin çalışma süresi açısından devrede kalma süresindeki çalışma aralığı, yıllık toplamda gerçekleşen çalışma ve işletme zamanı, kazanın sıcaklığı, dış havanın sıcaklık değişimleri ve kazanın sızdırmazlık gibi değişkenliklerinin kayıtlarını gözeterek bu kayıtlar çerçevesinde çalışmalar yapılmalıdır (Ashrae, 1997). Bu nedenlerle kazanın ve yakıtın tipini gözeterek iç soğuma harcamaları sonucunda oluşan kayıp hesaplamalarında, belirtilen aşama sırasında değişik kriterler oluşturmak çalışmalarına kıyasla yukarıda açıklanan teorik açıklamaları göz önünde bulundurularak değişmeyen genel parametrelerin sonucunda aşağıda belirtilmektedir.

$$Q = V \times y_1 \times (T_1 - T_2) \times C_p \text{ (kcal/h)} \quad (1.13)$$

T_1 = Brülör, Kombi, Kazan sıcaklığı (°C)

T_2 = Dış ortamdaki havanın sıcaklığı (°C)

C_p = Havanın özgül ısısı (kcal/kg K)

Belirtilen durumlara göre;

- Baca kesit standartlarına göre; Brülör, kombi ve kazan kapasiteleri tasarlanan bacaların kesitlerinden daha büyük olmaması gerekir.
- Modülasyonlu brülörler veya çift kademe olarak çalışan brülörler kullanılması şartıyla, brülörler yıllık sezon içerisinde çalışırken devrede kalma zamanı yükseltilmelidir.
- Tek yönlü çalışmayan karıştırıcı tipte dizayn edilen bağlantı ekipmanları veya vanalarında elde edilen otomatik düzenekte, 80°C-90°C arasında sabit değerde kazanın su sıcaklığının yerine, karışımdan elde edilen sudan +5°C gibi bir değerden fazlasıyla, değişken kazanın su sıcaklığı seçilmelidir.

- Brülörün giriş hava damperinin, brülörün bağlantı flanşları, ön dumanının kısmında bulunan kapakları, patlamanın olduğu yerdeki brülör kapağı, yanma olayı sırasından gözetleme yapabilmek için konulan gözetleme camının contalı ve tam sızdırmazlık özelliğinde dizayn edilmelidir.
- Sızdırmazlığı tam olarak yapılamayan kazanlarda, otomatik baca kapatma klapesi tesisi ve hava giriş damperi dizaynı yapılmayan tek kademeli brülörler düşünülerek tasarımlar yapılmalıdır.
- Kapasitesi belli olan kazan ve kombilerin, bacanın yüksekliği düşünülerek bacanın dizaynında, kesitinin daraltılması nedeni ile baca içerisindeki sıcak havanın debisi değişmemekte ve neticesinde ise bacanın yüksekliğinden dolayı iç soğumada kayıpların tesiri etkisiz kalmaktadır (Brandi, 1972).

1.1.9. Baca Gazı Emisyon Ölçümü ile Belirlenen Parametreler

Baca gazı ölçümü yapılarak elde edilen emisyon ve parametreler aşağıda detaylı bir şekilde açıklanmıştır:

- Yanmanın verimli bir şekilde kontrolünü öğrenebilmek ve kazanın üzerindeki tüm ekipmanların ayarı istenilen verimlilikte olduğu,
- Kazanın tam verimlilikte çalışması ve bu çalışmanın verimini artırdığı,
- Doğru yakıt kullanımı, yakıt tasarrufu ve para tasarrufu sağladığı,
- Yanmanın emisyonlarını azalttığı,
- Emisyon kontrolünü düşürülmesi,
- Emisyon değerlerini optimum limitler içerisinde yakalayabilinmesi,
- Emisyon ile alakalı kanunlara tam olarak riayet edilmesi,
- Yapılan çalışmaların proseslerini kontrol edildiği,
- Üretim süreçlerinde sürecin kalitesinin yükseltildiği,

- Üretimin bütün süreçlerinde tasarrufu yapılan tüm kazanların optimum seviyedeki ayarlarını düzenleyebildiği öğrenilir (Ölçüm, 1995).

1.1.9.1. Baca Gazı Ölçüm Cihazı ile Ölçümler Alınırken İzlenen Yol

Baca gazı ölçümünde aşağıdaki hususlar dikkate alınmalıdır:

Baca gazı ölçümü yapılacak olan mahallelerde, baca gazı ölçüm cihazı bacanın üzerinde bulunan ve standartlar çerçevesinde açılan delik etrafına ölçüm yapılabilecek bir şekilde konulur.

Baca gazı ölçümün yapılacak yerin belirlenmesi için;

- Hacimsel gaz debisi, baca içindeki hız ve kesit alanının çarpımı ile hesaplandığından doğru debi için doğru hız değeri gerekir,
- Ölçümün gerçek değerden sapmasını azaltmak için en uygun yerin belirlenmesi,
- Mümkün olduğunca homojen hız dağılımı olan kesit,
- Kesit değişikliği ve dirseklerden uzaklaşılmalı,
- Baca içindeki bölme ve klapelerden uzaklaşılmalı,
- Baca içindeki gerçek hız dağılımı belirlenmeli,

Yukarda açıklanan baca gazı ölçümü alınırken izlenen yollarda aşağıdaki çizelge 1.2’de açılan delik ölçüleri ve minimum ölçüm sayısı belirtilmiştir.

Çizelge 1.2. Örnekleme çap ve minimum ölçüm sayısı (Karadavut, 2010)

Çap, inch (cm)	8-10 (20-25)	12-18 (30-45)	20-28 (50-71)	30-42 (75-106)	>42 (>106)
Minimum Ölçüm sayısı	8	12	16	20	24

$$\text{Dikdörtgen kesitte eşdeğer çap (De): } De = \frac{2LW}{(L+W)} \quad (1.14)$$

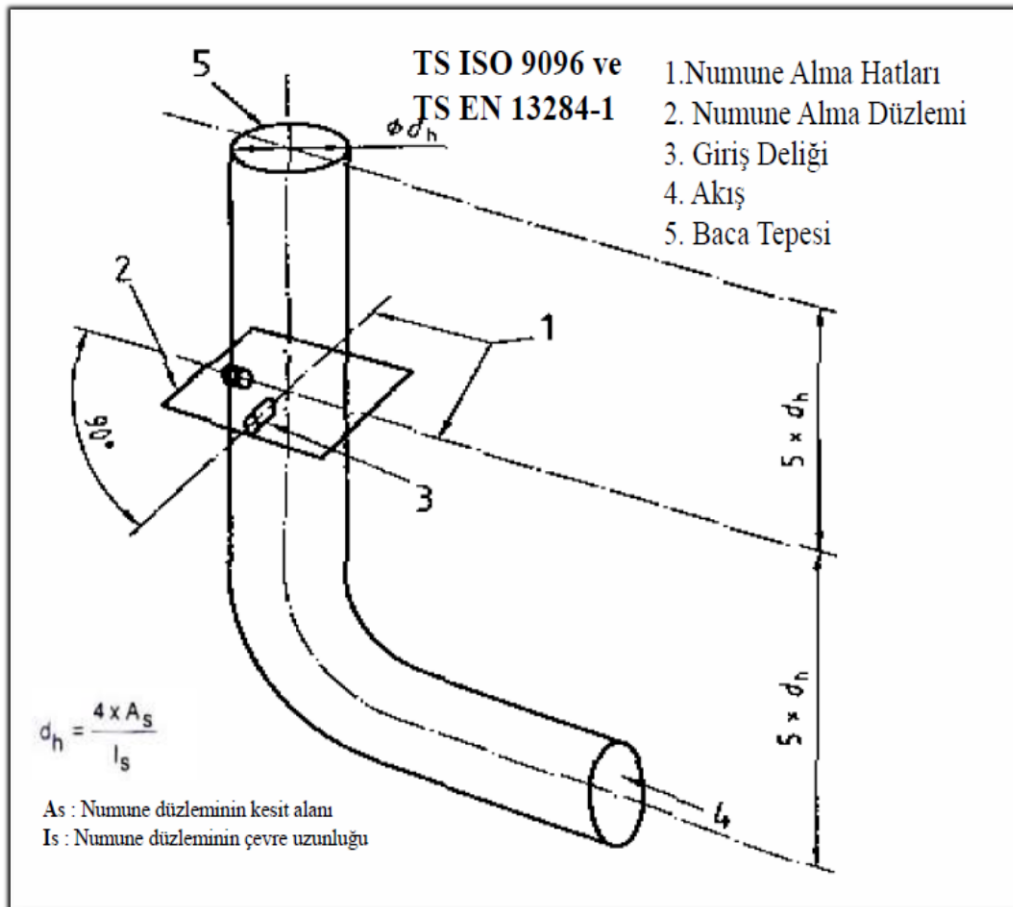
Örnek: W= 60 cm, L= 100 cm ise De = 75 cm Buna göre minimum ölçüm sayısı 20 (Karadavut, 2010).

1.1.9.2. Ölçüm Yapılacak Noktada Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar

Örnekleme Yapılacak Noktada;

- Baca eksenine göre gaz akışının açısı 15° 'den daha az olması,
- Hiçbir mevziî negatif akım olmaması,
- Asgarî hızın, akış hızı ölçümü için kullanılan metodun tayin sınırından daha yüksek olması,
- En yüksek ve en düşük mevzi gaz hızlarının birbirine oranının 3:1'den daha az olması (Bayram, 2012).

Yukarıda anlatıldığı baca gazı cihazı ile baca gazı ölçümü yapılacak noktada dikkat edilmesi gereken hususlar aşağıdaki şekil 1.1'de gösterilmiştir.

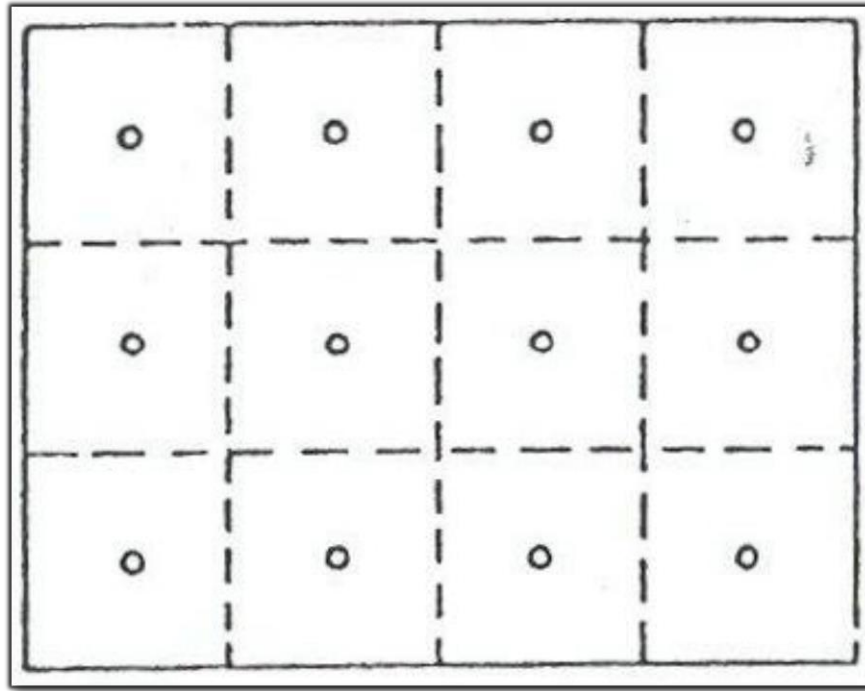


Şekil 1.1. Ölçüm yapılacak noktanın belirlenmesi (Bayram, 2012)

1.1.9.3. Dikdörtgen Kesitte Ölçüm Noktaları

Dikdörtgen bacalarda baca gazı ölçüm cihazı ile ölçüm yapılacak noktayı belirlemede uygun kesiti bulmak için elde edilen formül aşağıda açıklanmıştır.

Dikdörtgen bacalarda ölçüm yapılacak kesitin belirlenmesi aşağıda şekil 1.2’de gösterilmiştir (Olgun, 2010).



Şekil 1.2. Dikdörtgen kesitte ölçüm noktalarının gösterilmesi (Olgun, 2010)

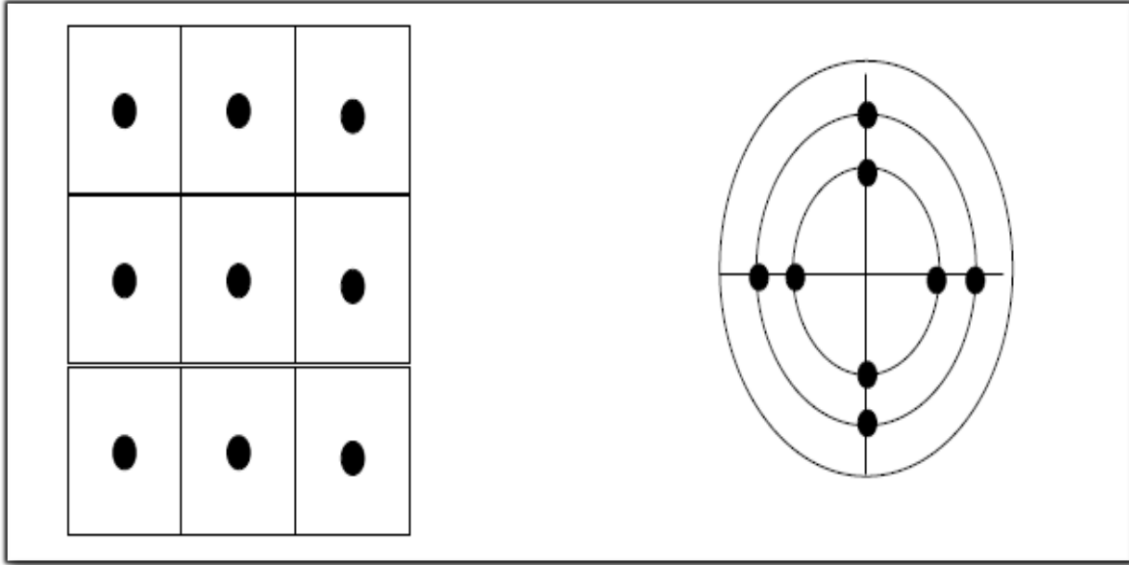
Dikdörtgen baca da uygun kesit bulma formülü;

$$D = \frac{2LW}{(L+W)} \quad (1.15)$$

1.1.9.4. Dairesel ve Dörtgen Bacalarda Ölçüm Noktalarının Düzeni

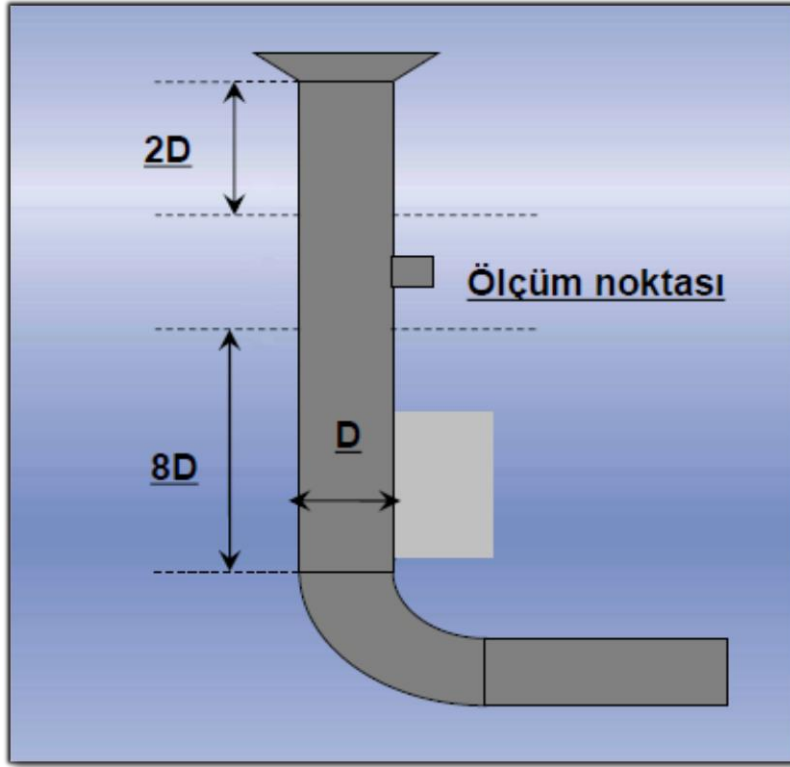
Dairesel ve dörtgen bacalarda ölçüm yapılacak noktaların belirlenmesinde ölçüm noktalarının düzeni aşağıdaki şekil 1.3’te gösterilmiştir (Karadavut, 2010).

Bacalarda en ideal sonuçları elde edebilmek için uygun kesitin belirlenmesi gerekmektedir. Uygun kesitin hesaplanması aşağıda gösterilmiştir.



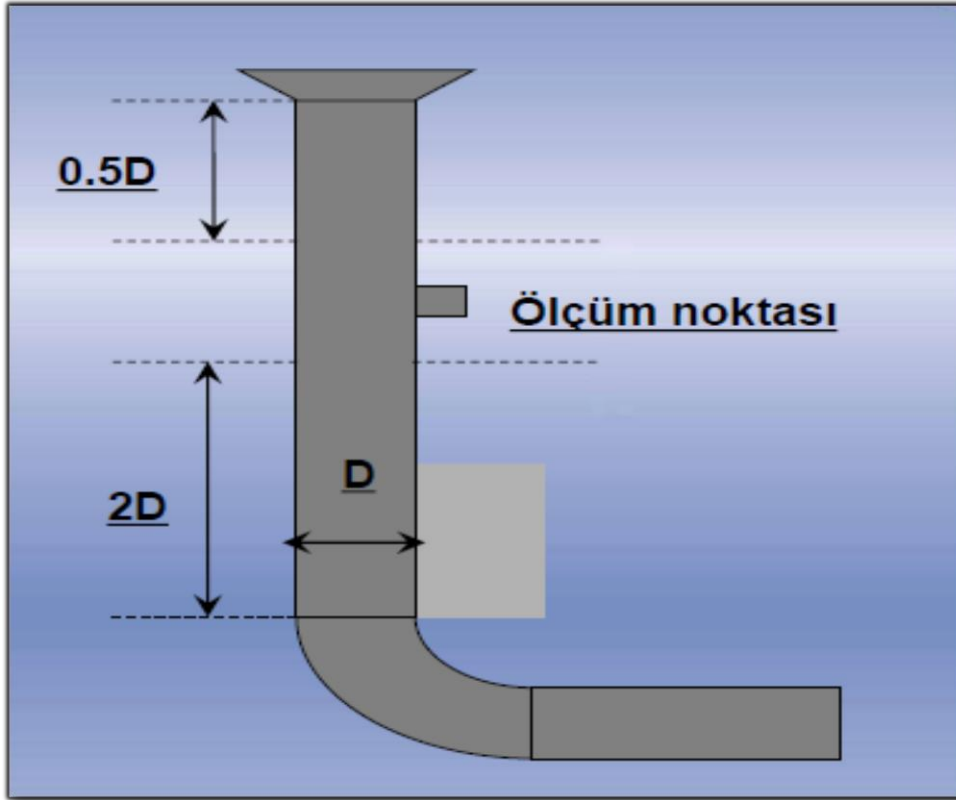
Şekil 1.3. Dikdörtgen kesitte ölçüm noktalarının işaretlenmesi (Karadavut, 2010)

Aşağıdaki şekil 1.4'te gösterildiği gibi gözle görülebilir bir alev olduğu noktalardan itibaren akış yönünün tersinden en az 8 hidrolik çap ve akış yönünden ise en az 2 hidrolik çap uzaklıkta olmalıdır (Olgun, 2010).



Şekil 1.4. Dikdörtgen kesitte ölçüm noktalarının aralıkları (Olgun, 2010)

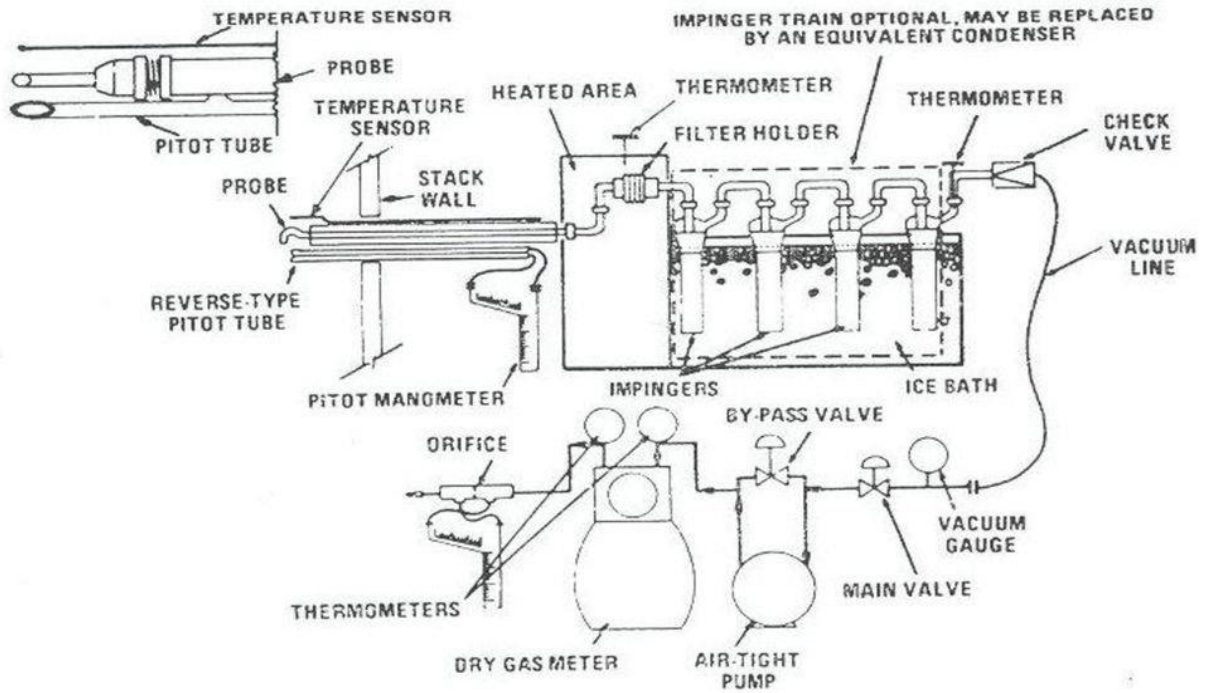
Aşağıdaki şekil 1.5'te gösterildiği gibi alternatif olarak zorunlu durumlarda, akış yönünün tersinden en az 2 hidrolik çap ve akış yönünden ise en az 0.5 hidrolik çap uzaklıkta olmalıdır (Olgun, 2010).



Şekil 1.5. Dikdörtgen kesitte ölçüm noktalarının işaretlenme konumları (Olgun, 2010)

1.1.9.5. Baca Gazı Örneklemme Sistemi

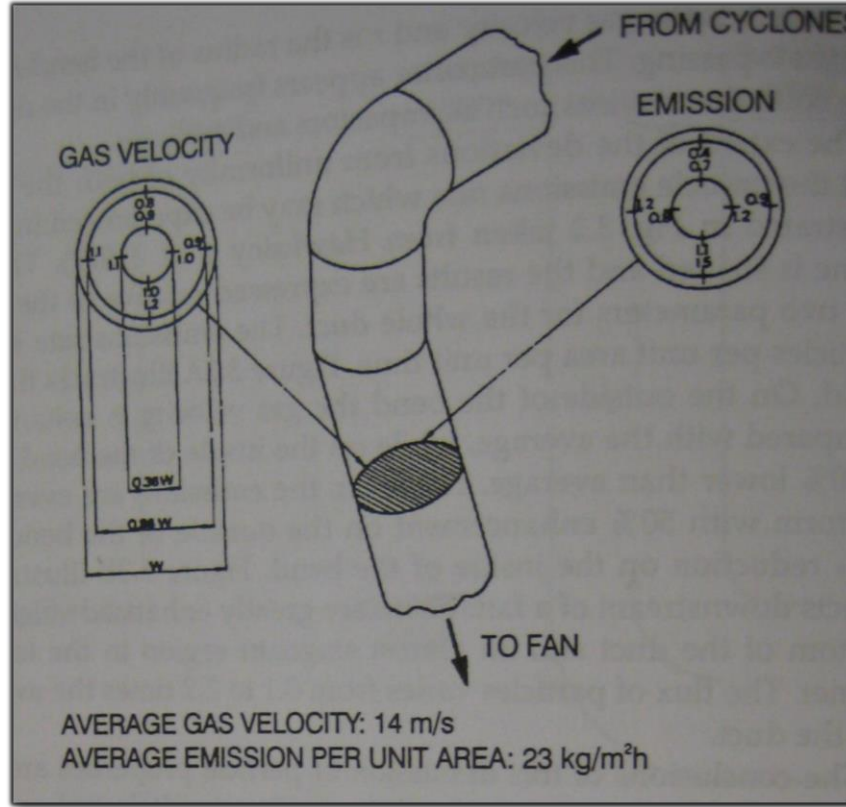
Baca gazı örneklemme sistemi aşağıdaki şekil 1.6'da detaylı bir şekilde gösterilmiştir (Olgun, 2010). Baca gazı örneklem sisteminde yapılan ölçüm aşağıda aşama aşama anlatılmıştır.



Şekil 1.6. Baca gazı örnekleme sistemi (Olgun, 2010)

- Bacanın içerisine konulan baca ölçü cihazı ölçüm yapılacak bir şekilde prob uç ve yine ölçüm yapılabilecek bir şekilde emiş hattında doğru ölçüm sonuçlarının verilerini sağlayabilmek için gerekli bağlantı oluşturulur.
- Belirtilen bu aşamanın ardından baca ölçüm cihaz kapalı durumdadır. Ölçüm cihazı üzerinde bulunan on/off tuşuna sürekli bir şekilde basılarak cihaz aktifleştirilerek ölçüm yapılacak ve ölçümün değerlerinin görüleceği ekran gelir. Cihaz on/off tuşuna sürekli bir şekilde basıldıktan sonraki bu aşamanın ardından ise (kullanılan ölçüm cihazının teknik özelliklerine göre) 60 saniye ile 120 saniye süresince kendi kendini otomatik bir şekilde kalibrasyonunu gerçekleştirir.
- Baca gazı ölçüm cihazı yukarda belirtilen ve en son belirtmiş olunan değerler ile çalışma mekanizmasının kalibrasyon aşamalarının ardından, ölçüm cihazının belirtilen bu aşamadan sonraki çalışma prensibini doğru bir şekilde sağlayabilmesi için kalibrasyon işlemini tamamlaması gerekmektedir. Gerekli kalibrasyon işlemi gerçekleştirildikten sonra ise, cihazın ekran menüsünden ölçüm yapılan ve kullanılan mahaldeki bacanın yakıt cinsi doğru bir şekilde ekrana girilir.

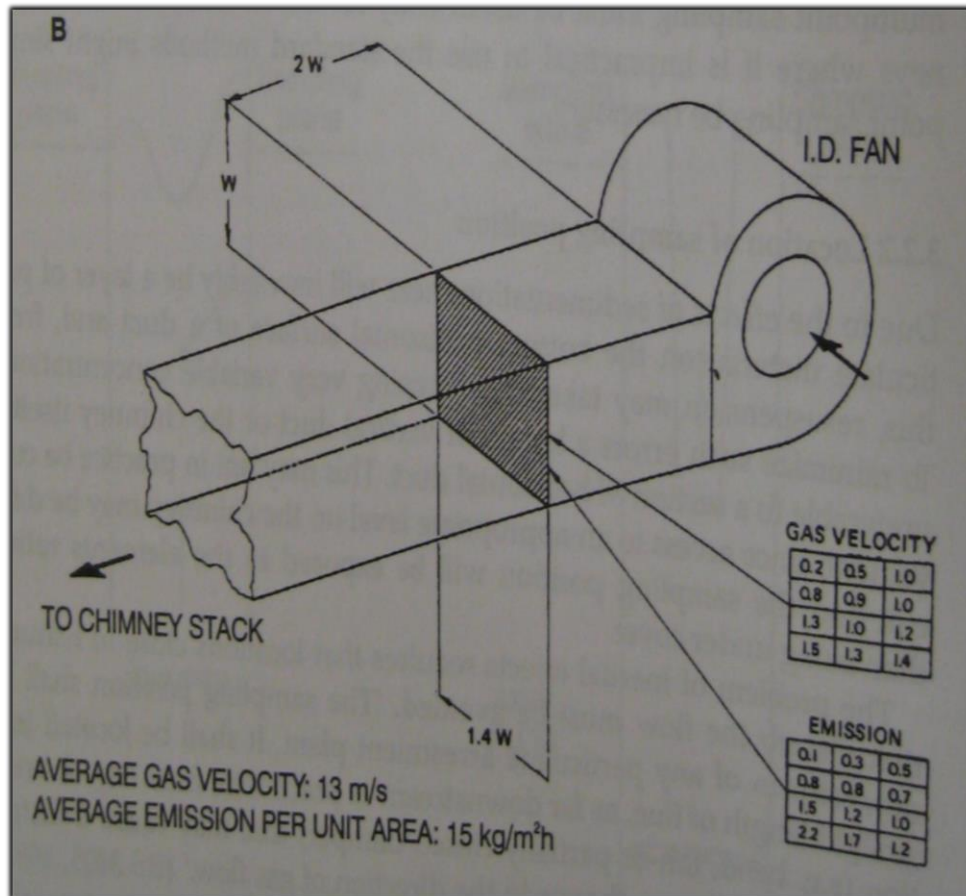
- Aşağıdaki şekil 1.7’de gösterildiği gibi baca gazı ölçüm cihazının gaz girişine CO, NO, SO₂, CO₂, O₂, gazları ile aynı zamanda doğrulama tüpleri içerisinde bu gazlar verilerek cihaz okuduğu değerlerin öncelik ile doğrulaması yapılır ve ardından elde edilen değerler, doğrulama işleminin ardından cihaz kayıt formuna kayıt edilir (Olgun, 2010).



Şekil 1.7. Hava kirliliği ve kontrolü (Olgun, 2010)

- Baca gazı ölçümü yapılırken net ve doğru sonuçlar elde edilme prensibi üzerinden her zaman hareket edilir. Bu belirttiğimiz prensiplerden en önemli maddelerinden biri ise; bacaya ait olan yakıcının istenilen seviyede yani cihazın net değerler okuması için gerekli olan tam güçte çalıştırılması sağlanabilmelidir.
- Bacanın içine konulan prob uç, baca deliğinin konulduğu noktadan bacanın merkezine kadar sürülmesi gerekmektedir ve prob ucun konulduğu yerin çevresi doğru sonuçlar alma gayesi ile hava girişi içerisine girilmesine izin verilemeyecek şekilde sızdırmazlık işleminin yapılması lazım.

- Baca gazı ölçüm cihazının ekranına yapılan işlemler neticesinde değerler yansımaktadır. Bu değerlerin hemen cihaz kayıt formuna kayıt etmememiz gerekir. Çünkü elde edilen değerler kararlı değerler olmayabilir. Cihazın ekranına gelen değerlerin net olması gerekmektedir yani değerlerin kararlı bir aralık veya net bir değer elde edilinceye kadar beklenilmelidir.
- Baca gazı ölçüm cihazına gelen değerler yapılan ölçümler neticesinde net değerler olduktan sonra, kararlı değerler sağlandıktan sonra ekrandaki değerler farklı aralıklar ile 3 adet cihaz kayıt formuna kayıt edilen değerlerin örneği oluşturulması gerekmektedir (Bayram, 2012).
 - Aşağıdaki şekil 1.8’de örnekleme, alınan toz örneğinin bacadaki gerçek değerleri temsil edebilmesi için yapılan örnekleme



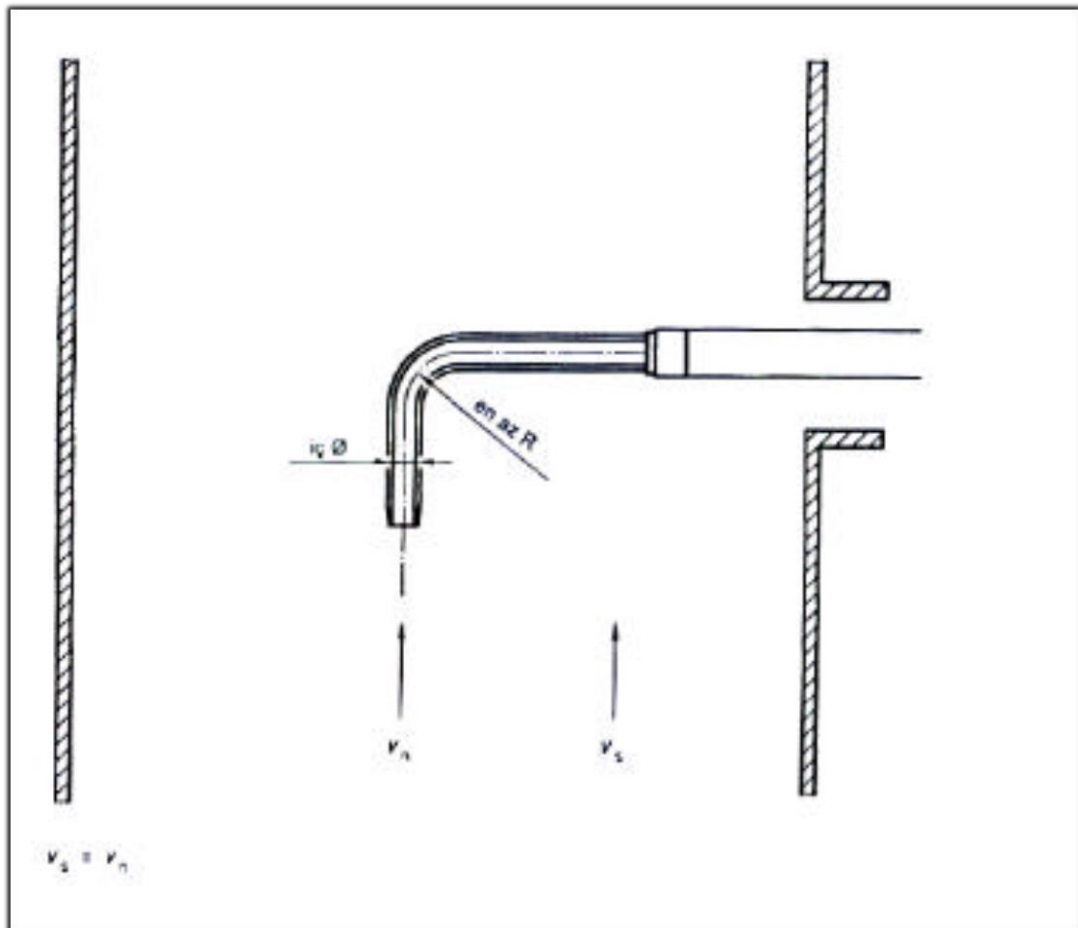
Şekil 1.8. Bacadaki partiküllerin hızı (Bayram, 2012)

- Prob ucundaki gaz emiş hızı, bacada örnekleme noktasındaki gaz akış hızına eşit

- Bu hızların farklı olması durumunda gerçek değerden daha yüksek veya daha düşük toz konsantrasyonu ölçülür (Bayram, 2012).
- Baca gazı ölçümü gerçekleşmesinin ardından cihazın prob ucu bacaya konulan yerden kontrollü bir şekilde tahliyesi gerçekleştirilir.

Prob ucun içinde kalan gazın otomatik bir şekilde tahliyesinin sağlanması için ve sıcak olan cihaz prob ucun soğuması için belli bir süre bekleme işlemine tabi tutulur. Cihazın prob ucu baca içerisinden çıkarılmasının ardından temiz bir yerde ve temiz bir hava ortamında 5 dakika boyunca çalıştırılması sağlanır ve soğuma işlemi tamamlandıktan sonra ise cihaz açma / kapatma tuşu on/off tuşuyla kapatma işlemi gerçekleştirilir (Bayram, 2012).

Ölçüm yapılacak baca içerisinde, baca gazı ölçüm cihazının giriş yerinde yapılacak olan sapma oranının gösterimi aşağıdaki şekil 1.9'da gösterilmiştir (Bayram, 2012).



Şekil 1.9. Ölçüm yapılacak bacadaki sapma oranının gösterimi (Bayram, 2012)

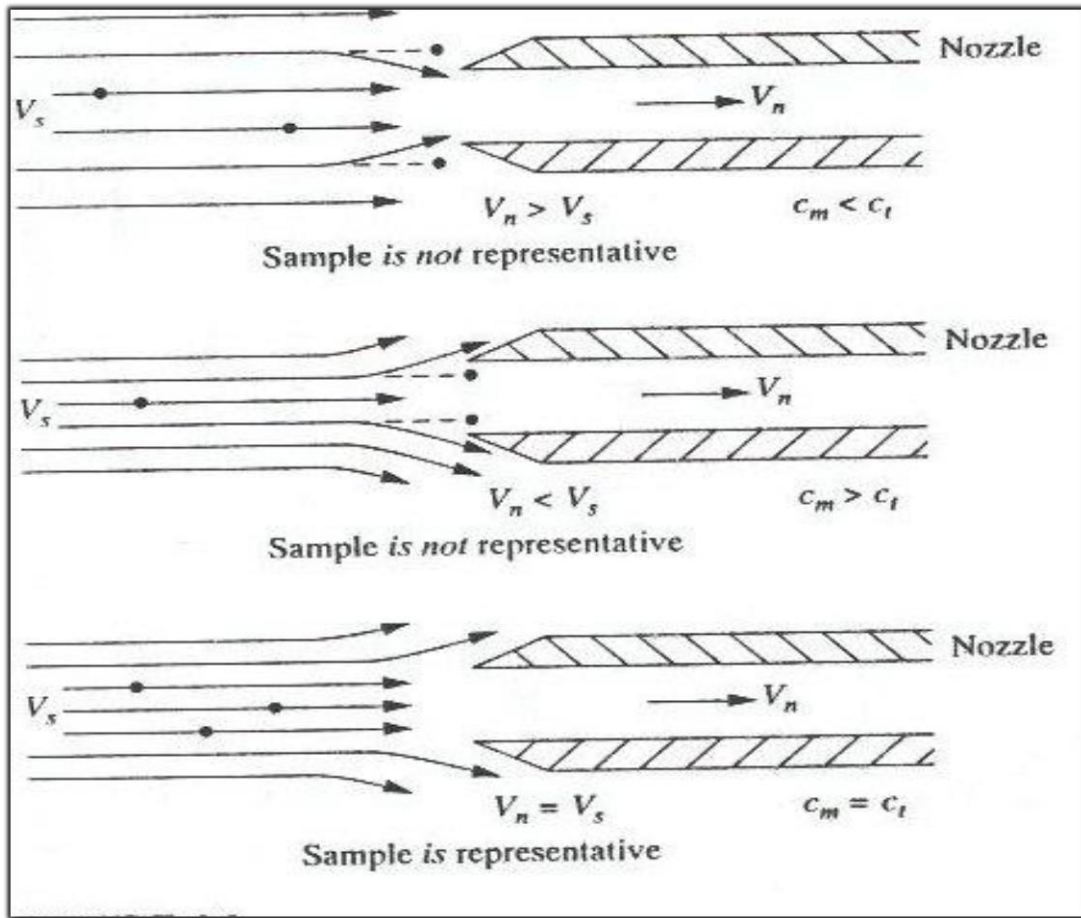
Ölçüm Sapma: Yüzde olarak ifade edilen V_n/V_s hız oranı

Hidrolik Çap: Bir baca kesiti dh

As: Numune düzleminin kesit alanı

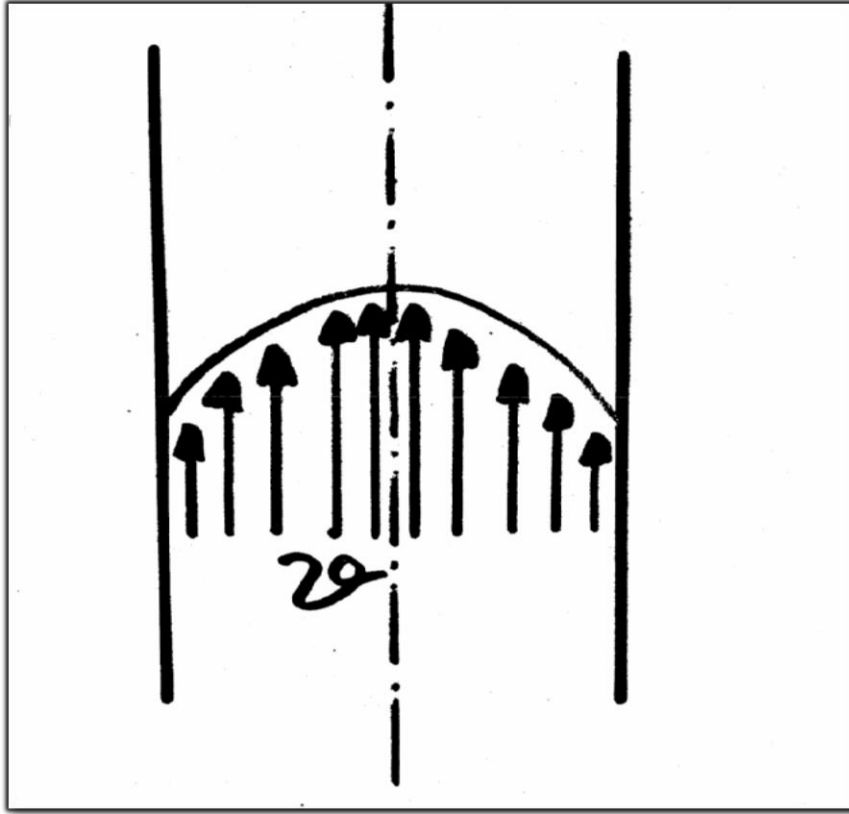
Is: Numune düzleminin çevre uzunluğu (Bayram, 2012).

Baca içerisinde yapılan ölçümlerde, partiküllerinin hızlarının gösterimi aşağıdaki şekil 1.10'da detaylı bir şekilde gösterilmiştir (Bayram, 2012).



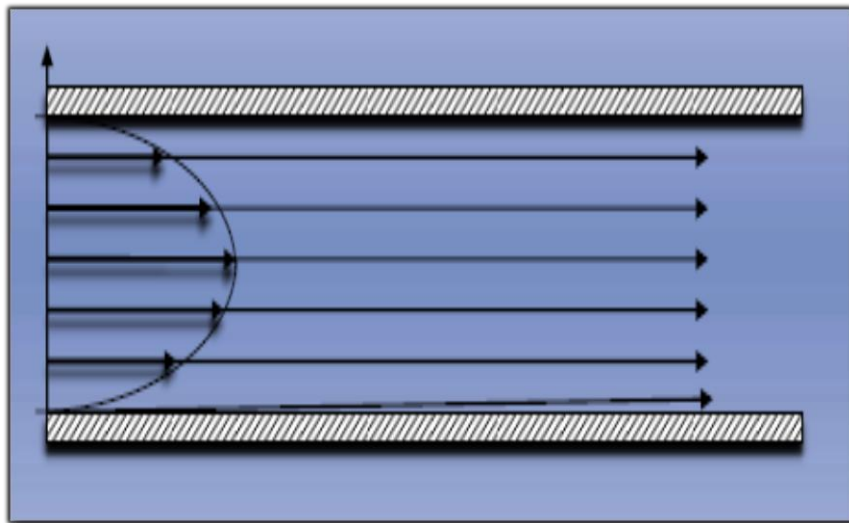
Şekil 1.10. Baca içerisindeki partiküllerin hız görüntüsü (Bayram, 2012)

Aşağıdaki şekil 1.11'de hız profilinin gösterildiği gibi laminar akış profilini temsil etmesi gerekir. Laminar akış profilinde hız ortada maksimum, kenarlara doğru sürtünmeden dolayı düşük olması gerekir (Bayram, 2012).



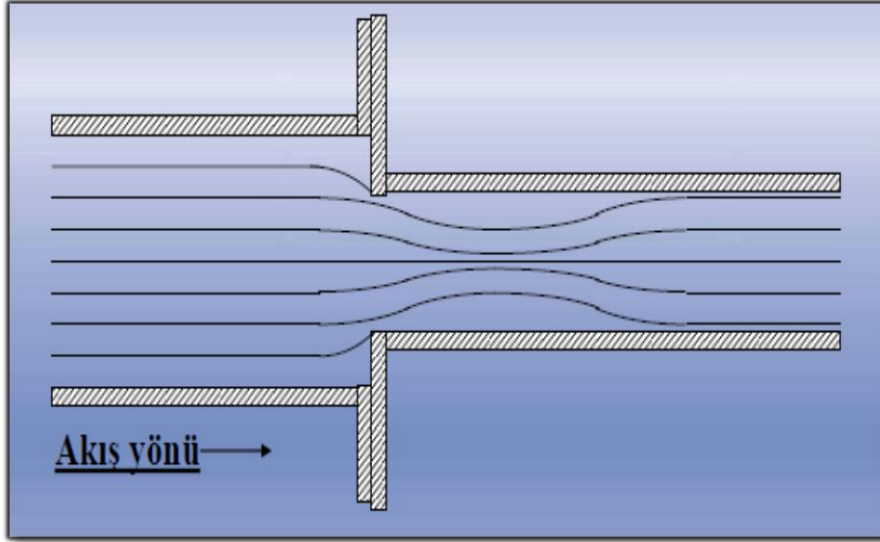
Şekil 1.11. Laminer (düzgün) akış (Bayram, 2012)

Baca içerisinde yapılacak olan baca gazı ölçümlerinde boru ve kanal içinde akışın durumu aşağıdaki şekil 1.12’de gösterilmiştir (Bayram, 2012).



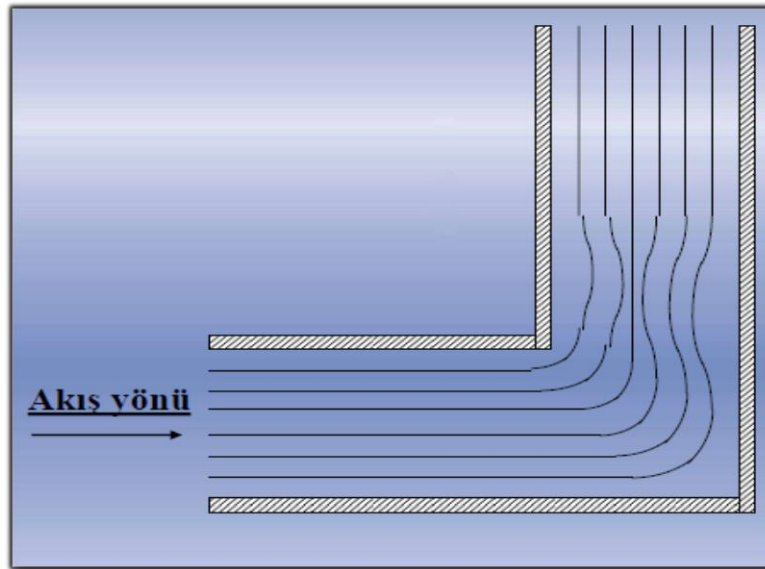
Şekil 1.12. Boru veya kanal içinde akış (Bayram, 2012)

Baca gazı ölçüm cihazı ile ölçüm yapılacak kesit daralmasında akış bozulması aşağıdaki şekil 1.13'te gösterilmiştir (Bayram, 2012).



Şekil 1.13. Kesit daralmasında akış bozulması (Bayram, 2012)

Baca gazı ölçümü yapılacak baca 90° dirseklerde akış bozulması aşağıdaki şekil 1.14'te gösterilmiştir (Bayram, 2010).



Şekil 1.14. 90° dirseklerde akış bozulması (Bayram, 2010)

1.1.9.6. Baca Gazı Ölçüm Cihazı ile Elde Edilmek İstenen Değerler

Baca gazı ölçüm cihazı ile elde edilmek istenen değerler, parametreler;

- a) Ölçüm yapılan ortamın sıcaklığını,
- b) Ölçüm yapılan baca gazı sıcaklığını,
- c) Ölçümün yapılan bacanın çekişini,
- d) Ölçüm yapılan bacanın O₂ (Oksijen) yani bacanın içerisindeki yanma veriminin ölçülmesindeki değeri,
- e) Ölçüm yapılan bacanın içerisindeki CO (Karbonmonoksit) değerini,
- f) Ölçüm yapılan bacanın içerisindeki NO (Azotoksit) değerini,
- g) Ölçüm yapılan bacanın içerisindeki SO₂ (Kükürtdioksit) değerleri baca gazı ölçüm cihazı ile öğrenilecek değerlerdir (Teslo, U.S., 2000).

1.1.9.7. Yapılan Ölçümün ile Mahallelerin Belirlenmesindeki Etkileri

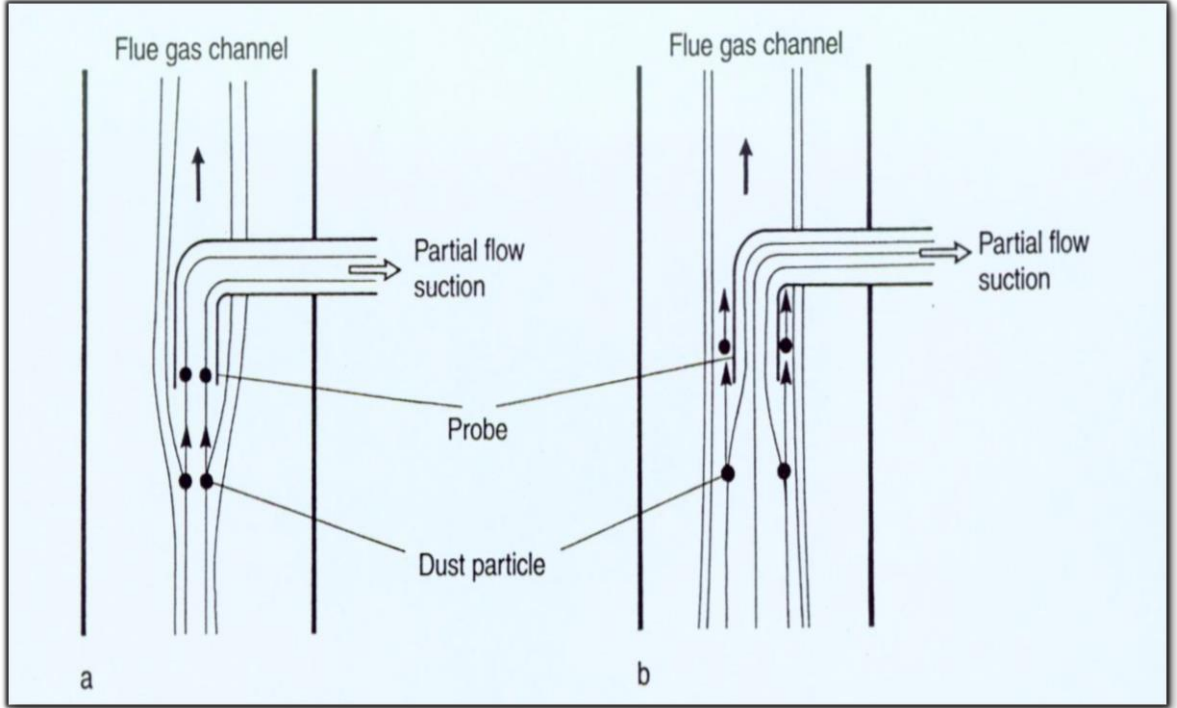
Çalışma yapılan mahalleler belirlenirken ölçümün amacı;

- a) Proses kontrolü yapabilmek amacı ile
- b) Doğru yakıt kullanımı, yakıt tasarrufu sağlamak ve para tasarrufu sağlamak amacı ile
- c) Emisyon değerlerini optimum limitler içerisinde yakalayabilmek amacı ile
- d) Üretim süreçlerinde kaliteli süreç için kaliteyi artırmak amacı ile
- e) Emisyon kontrolü amacı ile
- f) Emisyon ile alakalı kanunlara tam olarak riayet amacı ile
- g) Yanmanın verimli bir şekilde kontrolünü öğrenebilmek ve kazanın üzerindeki tüm ekipmanların ayarı istenilen verimlilikte öğrenebilmek amacı ile
- h) Üretim süreçlerinde tasarrufu yapılan tüm kazanların optimum ayarlarını yapabilmek amacı ile.
- i) Kazanın tam verimlilikte çalışmasını ve bu çalışmanın verimini artırmak amacı ile
- j) Yanmanın emisyonlarını azaltma amacı ile

Baca gazı ölçüm cihazları emisyon, proses ve verim ölçümü amaçlı kullanıla bilinmektedir. Özellikle son dönemde elektronikteki gelişmeler baca gazı analizörlerini daha kolay kullanılabilir hale getirmiştir. Baca gazı ölçüm cihazları, yeterli verileri kullanıcıya daha küçük cihaz boyutu ve daha uzun sensör ömürleri ile verebilecek duruma gelmişlerdir. Portatif baca gazı ölçüm cihazları elektrokimyasal sensörler kullanmaktadırlar. Bu sensörlerde sonsuza kadar kullanılabilecek malzemeler değildirler. Ölçüm esnasında bacadan çekilen gazla elektrokimyasal sensörün içerisinde kimyasal bir reaksiyon sonucu olarak tükenme olur. Elektrokimyasal sensörlerin sarf malzemesi olması nedeniyle baca gazı ölçüm cihazı seçimi esnasında elektrokimyasal sensörlerin kullanım ömrü oldukça önemlidir. Portatif baca gazı ölçüm cihazları, yakma sistemine bağlanarak otomatik ayar yapabilen cihazlar değildirler. Portatif baca gazı ölçüm cihazları yakma sisteminin bacasından çıkan gazı analiz ederek sistemin yanma karakteristiği hakkında kullanıcıya bilgi veren cihazlardır. Ölçülen ve hesaplanan değerlere göre yakma sistemini ayarlamak bu değerlerin doğru bir şekilde yorumlanmasına bağlıdır. Baca gazı ölçüm cihazlarının sistemin yanma performansı ile ilgili verdiği bilgiler arasında ölçebildiği ve hesaplayabildiği parametreler vardır.

Oksijen (O_2), Karbonmonoksit (CO), Azotmonoksit (NO), Kükürtdioksit (SO_2) gazları konsantrasyonları, baca gazı sıcaklığı, ortam sıcaklığı gibi parametreler baca gazı ölçüm cihazının ölçebildiği parametrelerdir. Gaz konsantrasyonlarında ölçüm değerleri, değerlerin büyüklüğüne göre ppm veya yüzde (%) olarak gösterilir. CO_2 , O_2 gibi konsantrasyon değerleri yüksek olan gazlar % olarak, CO, NO_x gibi konsantrasyonu düşük olan gazlar ppm olarak görüntülenir (Olgun, 2010).

Aşağıdaki şekil 1.15’te baca içerisindeki partiküllerin hareketlerine pompa emişin etkileri akış yönü ile gösterilmiştir.



a) Pompa emiş hızı çok düşük

b) Pompa emiş hızı çok yüksek

Şekil 1.15. Baca içerisindeki partiküllerin hareketine pompa emişin etkileri (Olgun, 2010)

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Bu çalışmada teorik bilgi araştırmalarına ışık tutan ve yapılan akademik bilimsel çalışmaları değerlendirmede fikir oluşturan onlarca çalışma incelendi, değerlendirildi. Baca gazının çevreye ve yanma verimine olan etkileri konusunda literatürde birçok çalışma bulunmaktadır. Bunlardan bazıları aşağıda sıralanmıştır.

Şuan ki dünyamızda enerji ihtiyacının önemli bir kısmı fosil yakıtlarla karşılanmaktadır. Bu yakıtların rezervleri az olduğundan ekonomik olarak da değeri yüksektir. Bu sebeple enerji kaynakları insanlar tarafından mümkün mertebede verimli bir şekilde kullanılmalıdır. Az miktardaki enerji kaynaklarının verimli bir şekilde kullanımında dikkatlerin yoğun şekilde verilmesi gereken yöntemlerden biri atık geri ısı kazanımıdır (Varol, 1991).

Normal koşullarda imal edilen bir kazanda elde edilen enerjinin yaklaşık olarak rakamsal değeri %16-%20 kadar olan oranı baca gazlarıyla atmosfere salınır. Bacadan dış ortama salınan gazlardan, atık ısının geri elde edilmesi ve bu oranın çok yüksek derecede olması ısı geri kazanım sistemlerindeki teknolojik değişimler için araştırmalar yapılması gereken önemli noktalardan sadece biridir. Bu ısı kaybının tekrar elde edile bilinmesi için çok fazla ısı geri kazanım aletleri kullanılabilir (Willems, 2006).

Atmosfer, gaz ile buhardan oluşan ve dünyanın etrafını saran tabakadır. Yer çekimi sayesinde tutulan atmosfer, büyük oranda gezegenin iç katmanlarından kaynaklanan gazların yanardağ faaliyetleri ile yüzeye çıkması sonucu oluşmakta ve gezegenin tarihi boyunca dünya dışı kaynaklardan da beslenmiştir. Atmosferde üç çeşit gaz grubu bulunmaktadır. Bunlar; havada devamlı bulunan ve miktarları değişmeyen gazlar (Azot, Oksijen, Asal gazlar), havada devamlı bulunan ve miktarları azalıp çoğalan gazlar (Karbondiyoksit, Su Buharı, Ozon), ve havada her zaman bulunmayan gazlardır (Kirleticiler) (Anonim, 2012).

Hava kirliliğine sebep olan maddelerin %90'ından fazlası antropojenik kökenlidir. Birincil kirleticilerin kaynakları, kimyasal tesisler veya reaktörlerdir. Birincil kirleticiler; elektrik santralleri ve motorlu taşıtlarda kullanılan fosil yakıtlar, toprak erozyonu, açık ocak madenciliği ve patlatma işlemleri, katı atık deponi sahaları vb. alanlardır. İkincil kirleticilerin kaynakları ise diğer kirleticilerle veya hava ana bileşenleri (Oksijen, Azot veya Su Buharı) ile kimyasal reaksiyon sonucu oluşan maddelerdir.

Sonuç olarak, fotokimyasal dumanlar, asit yağmuru gibi olaylar gözlemlenmekte olup atmosferdeki kirleticiler, insan sağlığı ve çevre için büyük tehlike oluşturmaktadır. Ayrıca volkanik patlamalar, deniz suyunun sıçraması, çürüyen bitki ve hayvan kalıntıları, orman yangınları, toz fırtınaları gibi doğal süreçler nedeniyle de kirleticilerin yaklaşık %10'u atmosfere ulaşmaktadır (Burganakov, 2019).

Günümüz koşullarına kadar yoğunlaşmalı olarak üretilen kombiler ile ilgili olarak araştırılan atık ısının tekrar elde edilmesi durumunun ebatları büyütmeden sistemin veriminin artırılması ve yoğunlaşmanın en yüksek derecede kullanılması üzerine çalışmalar yapılmaktadır (Gordon, 1983). Yoğunlaşmalı veya yoğunlaşmasız kombilerin satın alınma gücü arasındaki önemli özelliklerin farklılıkları bu tez çalışmasında araştırılmıştır.

Önemli yakıt kaynaklarından olan doğalgazın yoğunlaşmalı ile yoğunlaşmasız teknolojisiyle çalışan kombilerdeki kullanım dezavantaj ve avantajları deneysel araştırmalar ile kanıtlanmıştır. Doğalgazın yoğunlaşmalı ve yoğunlaşmasız kombilerde avantajları ve kullanımları ile ilgili verimlilikleri araştırılmıştır. Bu araştırmalarda özellik ile de kombinin verimliliği ile bacanın sıcaklıkları mukayesesi araştırılmıştır. Bu araştırmalar ile yoğunlaşmalı kombinin verimin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Field, 1974).

Noir, (1992) yapmış olduğu önemli araştırmaları ve teknolojik gelişmeleri takip ederek yaptığı incelemeler önemli ışık kaynağıdır. Shook, (1991) yapmış olduğu detaylı çalışmalarında ısının tekrar elde edilmesi için baca gazından salınan partiküllerin değerlerinin araştırılarak maliyet kullanım değerlerini araştırmıştır.

Türkiye’de birçok kent merkezinde evsel ısınma, trafik aktiviteleri ve sanayi nedeniyle meteorolojik şartlarına bağlı olarak hava kirliliği sorunları görülmektedir. Kış aylarında ısınmadan dolayı hava kirliliğinin artmasının nedenleri; kalitesiz yakıtların iyileştirilme işlemine tabi tutulmaması, kullanılan yakma sistemlerinin işletme bakımlarının düzenli olarak yapılmaması ve yanlış yakma tekniklerinin uygulanması şeklinde sıralanabilmektedir. Sanayi tesislerinin kurulmasında yer seçimindeki yanlışlıklar da hava kirliliğinin artmasına neden olmaktadır. Önemli endüstriyel kaynaklardan olan termik santraller, elektrik enerjisi elde etmek amacıyla dünyanın her yerinde kullanılmakta olup enerji üretirken atmosfere de kirleticiler salmaktadırlar. Özellikle kahverengi kömür olarak bilinen ve genelde termik santral yakıtı olarak kullanılan düşük kalorili bir kömür cinsi olan linyitin bu tesislerde yakılmasıyla yüksek miktarda kükürtdioksit, azotoksitler, karbonmonoksit, uçucu

hidrokarbonlar, partikül maddeler ve kül gibi kirleticiler atmosfere salınmaktadır (Hacıoğlu, 2015).

Dann, (1984) ve Streatfield, (1984) yılında sistemin veriminin nasıl artırılabilceği için hangi yöntemlerin araştırılması konusunda incelemeler yapmıştır. Merkezi olmayan ısıtma komplikasyonlarında sistem seçimlerini incelemiştir. Enerjinin ekonomik olarak kullanılması, sistem komplikasyon verimliliği ve kullanım avantajlarını mukayese ederek merkezi olmayan sistem incelemelerinin nasıl yapılması konusunda incelemeler yapmıştır. Alternatif olan yakıcı aletler ve alternatif yakıtları incelemiştir. Bireysel ısıtma komplikasyonları için teknolojik kontrol elemanlarını araştırıp, yoğunşmalı olarak çalışan kombi teknolojisinin enerjinin ekonomik olarak kullanılması avantajlarını inceleyerek olumlu sonuçlar oluşturmuştur. Teknolojik olan kontrol basamaklarının kullanımı ile sistem komplikasyon verim farklılıklarını araştırmıştır. Araştırmanın sağladığı yarar ile yakıt tasarrufundaki önemli farklılıkları tespit etmiştir.

Kömür, petrol ve türevi yakıtlar ve doğalgaz ülkemizde yaygın olarak kullanılan ısınma amaçlı yakıtlardır. Bunlar arasında kömür en fazla tüketilen enerji kaynağı olurken son zamanlarda yapılan doğalgaz yatırımları ve anlaşmaları doğalgazın bu alanda kullanımını cazip hale getirmiştir. Özellikle şehir merkezlerinde kükürt içerikli kömür, petrol ve türevi yakıtlara alternatif olarak çevreye dost olarak bilinen doğalgaz tercih edilmektedir. Ülkemizde yaygınlaşan şehirleşme sonucunda ortaya çıkan hava kirliliğini doğalgaz kullanımı ile azaltma yoluna gidilmiştir (Kemaldere, 2015).

Pickup, (1983) yapmış olduğu çalışmalarında ise; merkezi olmayan ısıtma teknolojilerinde meydana gelen önemli değişim ve yeniliklerin komplikasyonlarının verimlerine tesirlerini detaylı bir şekilde incelemiştir. Ruston, (1985) yılında yaptığı çalışmada ısıtma enerjisinde oluşturulan teknolojik farklılıklar ve yenilikler ile maliyet kapsamında meydana gelen bakış açısının değişimini oluşturmuştur. Olesen, (1994) yaptığı araştırmalarında ısıtma sistemlerinde kullanılabilecek değerli alternatif yakıtları ispatlamıştır. Panel radyatör gibi yoğunşmalı kombi ve yoğunşmasız kombi veya sıcak su gibi önemli ısıtma sistemlerinde radyatörlerin ve buna benzer ısıtıcıların verim performanslarını gösteren eğrilerini elde ettiği deney sonuçlarını ispatlamıştır.

Temiz havanın bileşimi haricinde kalan her madde kirletici olarak sayılmaktadır. Lakin böylesine ideal temiz havayı bulmak mümkün değildir.

Bu sonuç ile herhangi bir atmosferik ortam içerisinde, havanın doğal bileşeninde bulunan madde oranlarının değişmesi, çevredeki canlı ve cansız varlıklara zarar verecek düzeylere ulaşmasına hava kirliliği denir (Duman, 2017). Kirletici maddelere ait limit değerler ulusal ve uluslararası yasa ve yönetmeliklerle düzenlenmiştir.

Svedberg, (1986) araştırmalarında değişik yapıdaki malzemelerin, ısı iletimin parametrelerinin elde edilebilirliği üzerinde önemli incelemeler yapmıştır. Bu önemli araştırmalar ışığında baca gazından elde edilecek ısı geri kazanımının kullanılabilirliği, ekonomik parametlerine yansıyan önemli incelemelerini ortaya çıkarmıştır. Elektrikli sobalar veya diğer sobalar evlerin ısıtılması amacıyla kullanılan ve hayatımızın her yerinde kullanım bölgelerine sahip olan ısıtma aletlerindendir. Son zamanlarda doğalgazın Türkiye de her bölgede ve neredeyse bütün illerde kullanımının yaygınlaşması bütün sobaların kullanım amaç yerlerini bireysel amaçlı olarak veya merkezi sistemlerde kullanımının yaygınlaşan yoğunlaşmalı kombiler veya yoğunlaşmasız kombilerin avantajları da yaygınlaşmıştır. Yaşanan bu değişimler ile doğalgaz kullanımının olmadığı bölge ve illerde ya da doğalgazın ekonomik olarak sobalara göre daha pahalı olmaması, sobanın avantajlı olmadığı yönleri, kullanımı bölge ve illerde doğru olmadığı tespit edilmiştir.

Enerji tüketimi açısından normal koşullardaki binaların toplamı temel düşünülecek olunur ise enerji kullanımı oranındaki yüzdesel oranı %23 olduğu tespit edilmiştir. Belirtilen bu oran ile normal koşullardaki binaların enerji kullanımına bakıldığında, binaların ısıtılması oranı %41 ile en yüksek orana sahip yapılar olduğu görülmüştür. Belirtilen bu oranın akabinde %26 gibi ciddi bir oran ile aydınlatma, ardından %21 gibi oran ile görünmeyen ama önemli bir tüketime sahip kullanım suyu ısıtmasıdır. Kullanım suyu ısıtmasını takip eden ve %8 gibi bir orana sahip olan iklimlendirme ve iklimlendirme oranına yakın olan %5 pay oranına sahip ile soğutma son sırada olduğu görülmektedir (EİA, 2002). Belirtilen bu payların bölüşülmesi düşünüldüğünde bu paylarda şüphesiz bina ısıtması, bina ısıtılmasında kullanılacak alet ne olursa olsun yapılacak ısıtma aleti, cihazın veriminin yüksek olması ve hava kirliliği açısından en iyi kullanım şartlarına sahip olması lazım. Kullanılan yakıt türlerine göre sobalar farklı kullanım amaçlarına sahiptir. Sobalar kullanım amaçlarına göre; elektrikli sobalar, gaz yakıtlı sobalar, sıvı yakıtlı sobalar ve katı yakıtlı çeşitleri mevcuttur.

Burada kullanım amaçları, enerji tüketimi ve çevre problemi göz önünde bulundurulduğunda en kullanışlı olmayan soba türü katı yakıtlı olmasına rağmen en fazla kullanılan ve ekonomik olması sebebi ile zararları göz önünde bulundurulmayan katı yakıtlı sobalar, gaz yakıtlı, sıvı yakıtlı ve elektrikli sobalara göre daha fazla kullanılmaktadır veya tercih edilmektedir. Bu kullanımda katı yakıtlı sobaların kullanılmasında kolay elde edile bilinmesi ve katı yakıtın diğer yakıtlara oran ile ekonomik olmasıdır. Kovalı döküm sobalar, tuğlalı sobalar, döküm ile yapılan sobalar olmak üzere çeşitleri de bulunabilmektedir (Gradana ve ark., 2009). Durmaz ve ark., (1995) yılında yüksek bir verim gücü ile çalışan ve düşük emisyon değerlerinde havaya gaz salan sobalar üzerinde önemli araştırmalar yaparak ve araştırmaların neticesinde de önemli sonuçlar ortaya koymuşlar.

Topal, (2000) yılında yapmış olduğu araştırmasında sobalarda; yakıt ile kireçtaşı yakıtın üzerine eklenmesi ile oluşan yanma sonucu SO_2 'nin meydana gelmesindeki tesirlerini araştırmıştır. Kireçtaşı yakıtı eklenmesi ile SO_2 emisyonlarını ciddi oranda düşürdüğünü yapılan araştırmalarda ispatlansa da yanma sonucu oluşan gazlar ve verimin düşük olması sebebi ile kömür ve kireçtaşının ortalama koşullar ile belirtilen oranlarda oluşturulur. Oluşan karışım briketleme yaparak tüketimi kullanıcılara bu şekilde sunulması uygun olacağını açıklanmıştır. Sobaların mevcut verimlerinden daha yüksek verim oluşturmak gayesi ile şuan ki koşullarımızda çeşitli incelemeler yapılmaktadır.

Yakıt cinsi bakımından pelletin tüketimi için yapılan sobalar, termoelektrik jeneratörler ile sobaların elektrik üretimini sağlayan ve sobalarla ısı konfor incelemeleri yapan bu araştırma başlıklarının en önde gelen çalışmaları belirtilen araştırmalardır. Pellet'in yakıt cinsi özellik ile de pellet kullanılan sobaların dizaynları ve verimlerinin analizleri her daim bu konuda dikkatlerin toplanması gereken sonuçlardır. Yakıt türü açısından pelletin, yine yakıt cinsi açısından odun birleşimine (%60) nazaran yanma noktasında farklı önemli olabilecek artı avantajlarının bulunması ile karbon'un havada bulunan yakıt olması bakımından fosil yakıtlara nazaran önemi çok büyük pozitif yöndür (Dann, 1984).

Moran ve ark., (2004) senesinde yapmış oldukları araştırmalarında yakıt cinsi açısından pellet yakıtının, bir soba içerisinde pellet yakıtına ulaşma ve alevlenme hava pozitiflik katsayısında ve hızında soba verimi sonuçlarını araştırmışlardır. Yapılan araştırmalarında pellet ulaşma, alevlenme süresinin emisyon oluşumuna doğrudan tesirlerinin olduğunu ispatlamışlar.

Yine yapılan aynı incelemede, maddesel araştırmada hava fazlalık katsayısının 1,6 gibi en iyi şekilde yanma şartının meydana gelebilmesi için pellet yakıt türü ile pellet yakıtlı bir sobanın esas alınması gerektiği hususunda incelemeler ortaya koymuşlardır.

Gradana ve ark., (2009) araştırmalarında bir pellet sobası için hava ön ısıtma, ikincil hava eklemesi ve baca gazının resirkülasyonu olasılıklarını ekserji açısından araştırmışlar.

Kullanılmamış soba dizaynlarında önemli ve ilgi çeken bir diğer konu yapı bakımından çeşitli farklılıklar ile bir ısı değiştiricisi elde edilmesiyle ısı değiştirici kullanılarak, kullanım sıcak suyu elde etmektir (Belosevic, 2005).

Araştırmalar neticesinde kullanım suyunun sobadan elde edilmesi ile verimin daha yüksek sobalar oluşturulmuştur. Yapılan bir diğer araştırmada ise; bu ısı değiştiricisinin sayısal modellemesinde, baca gazı sıcaklıkları ve kullanım suyu sıcaklıkları açıklanmıştır (Massey ve ark., 2012).

Yanma sonucu oluşan çevre sorunlarına, sobalarında etkisinin çok ciddi oranda olduğu ortaya konulmuştur. Kömürün içerisindeki Kükürt oranı ve yine kömürün içerisindeki toz partikül oranlarına bakıldığında kış aylarında, insan sağlığını tehdit edecek noktalara gelindiği görülmektedir (Dann, 1984).

Champeir ve ark., (2010) yılında yapmış oldukları incelemelerinde bir yıl içerisinde 5 kentsel alanda ve 5 kırsal alanda toplamda 10 adet ev içerisinde iç hava kalitesi ve atmosferdeki havanın kalitelerini Hindistan'da yapılan önemli çalışma denemeleri ile değerler ölçülmüştür. Havada bulunan toz partikül oranlarındaki miktarları konu alan bu önemli araştırma da sıcaklığı, hızı ve hava nemi de göz önünde bulundurularak elde edilen ölçümler neticesinde soba kullanılan bu deneklerde iç hava kalitesinde ve atmosferdeki havanın toz partikül oranlarının soğuk aylarında yükseldiği gözlemlenmiştir. Sobanın verimleri ile performansının yükseltilmesi ve diğer araştırma alanı ise elektrik üretiminin termoelektrik jeneratörler ile elde edilmesidir. Sıcaklık farkının olduğu termoelektrik jeneratörlerinin Seebeck tesiri ile hareket etmeyen maddelerden elde edilen elektrik üretim komplikasyonlarıdır.

Champier ve ark., (2010) yılında yapmış olduğu araştırmanın sobalarda termoelektrik jeneratör tüketiminin incelemeler neticesinde elde etmişlerdir. Elde edilen bu neticelere

nazaran ise sıcaklık farkının 150°C ve güç değeri 2,4 W olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuç ile bir radyonun veya bir ampulde elde edilen bu gücün çalıştırılabileceği ve geri kazanç zamanının ise 0,74 yıl gibi kısa süre olduğu yapılan çalışmalar neticesinde görülmüştür.

Lertsatithanakorn ve ark., (2007) yılı incelemelerinde fonksiyonu birden fazla olan bir sobada elektriği termoelektrik jeneratörler ile elde edilmesini, sıcak suyun üretimi ve ısınma aşamalarını detaylı çalışmalar incelemişlerdir. Bu önemli çalışma sonucunda 9 W güç elde etmişlerdir. Sayısal değerler olarak elde edilen sonuçların mukayese yapıla bilinmesi sağlanmıştır. Sobaların elverişli olduğu düşünülüp kullanıldığı evlerde ısı konfor sıcaklığının elde edilmesi yaşanması muhtemel problemlerin başında gelmektedir. Isıl konfor sıcaklığının elde edilmesi ile kullanılan soba çeşitlerinin ilki Fanger tasarımı olmaktadır (Ashrae, 1993).

Ghali ve ark., (2005) yılındaki incelemelerinde soba ile ısıtılması sağlanan bir alanda değişik soba açılarının ısı konfor sıcaklığına olan tesirini çalışmışlardır. Kausley ve ark., (2010) yılı araştırmalarında ise; katı yakıtla ile çalışan sobaların kararsız ve tam kararlı çalışma olasılıklarında tarzlarını meydana getirmişlerdir. Kararlı pozisyonadaki tip ile kararlı alev sıcaklığı ve yanma neticesinde baca çekişi pozisyonlarının incelemeleri neticesinde mukayeseler yapılmıştır. Kararsız pozisyon tipinde ise yanma reaksiyonları detaylı bir şekilde araştırılarak detaylı sonuçlara varılmıştır.

Doğalgaz şuan ki koşullarımızda yakıt çeşidi açısından farklı yerlerde tercih edilmektedir. Türkiye de doğalgaz son zamanlarda çok farklı alanlarda kullanılması ile çok geniş alanlarda kullanılmaktadır. Çoğunluk ile elektriğin elde edilmesi, gübre gibi endüstriyel tesislerde ve konutların ısıtılmasında gibi yerlerde ihtiyaç duyulmakta ve tüketim buralarda yüksektir. Elektrik üretimi konutlarda kullanımı yoğun olmak üzere ısıtma maksatlı tüketilmesi ile endüstriyel tesislerde enerji maksatlı tüketilmesi açısından önemli bir ihtiyaca sahip olduğu aşikardır. Ayrıca doğalgazın zamanla toplu taşıma araçlarında yakıt türü olarak kullanılması şuan ki teknoloji de mümkün olmasının yanında yakıt türü olarak ulaşım araçlarında tüketilmesi gün geçtikçe sürekli bir durum olmaktadır. Doğalgazın son zamanlarda yeni teknoloji ile gün geçtikçe sürekli bir durum alması binalarda, endüstriyel tesislerde ve kamuya açık alanlarda, tesisleri her noktada tüketilmesi ve Türkiye de, dünyada sürekli yükselen enerji birim maliyetleri ile birim fiyatlarındaki artışın bu yakıt türünün en kullanılabilir komplikasyonlarda artan verimlilikte tüketilmesi kaçınılmaz bir durum olmuştur (Turns, 2000).

Yakmanın olduğu bütün komplikasyonlarda verimin her daim yüksek değerlerde olması, yakıt tüketimi değerlerinin ve havadaki emisyon gazı değerlerinin sürekli olarak az olması istenen durumların her daim başında gelir.

Binalarda ısınma maksadı ile kullanılan sıcak su kazanı komplikasyonları ve kombineli sistemler tüketilmektedir. Kullanılan kazan çeşitleri ise; kullanım amaçlarına göre çelik kazanlar ve döküm kazanlar olmak üzere iki temel başlıkta incelenmektedir. Kazan içinde yanmış olan gazların dolaşım tip çeşidine göre alevi geri dönüşlü olan kazanlar ve üç geçişli kazanlar başlığı altında iki çeşit sıcak su kazanların üretimi söz konusudur. Brülörlerin üretim çeşidine göre ise iki değişik kazan modeli bulunmaktadır. Brülör çeşidine göre kazan modelleri; atmosferik ve üflemeli brülörlü kazanlar bulunmaktadır. Atmosferik hava brülörleri tiplerinde ise yanma gazı, basınçlandırılmış doğalgazın bir lüle içerisinde genişlemesi esnasında enjeksiyon özelliğiyle kazanın bulunduğu ortamdan emilen birincil havayla açık olan brülör altından emilen ikincil hava ile ihtiyacını gidermektedir. Vantilatör tipli brülörlerde ise yanma havası bir üfleyici aracılığı ile cebri tarzda elde edilir. Yanma kalitesine tesir eden en spesifik özellik ise her daim kazan ile aynı, birebir çalışma prensibi ile brülör tercih edilmesi, brülörün alev ebatı ve yarıçapının kazanın yanma odasına eşit özellikte olması gerekmektedir. Üflemeli brülörlü kazan tüketimin olduğu alanlarda brülörün kazan ile aynı özellik ile çalışması verimlilik açısından önem arz etmektedir. Seçilen kazan ve bu kazanın çalışma prensibi açısından uygun brülör tercih edilmesi, kazan brülör uyumunun durumunda bu tercihin yanma üzerindeki tesiri bakımından, kazanın tercihinde olduğu kadar önem arz etmektedir (Bıçakcı, 1995).

Yanma olayında oksijenin yetersiz olması, yanmanın tam olarak gerçekleşmemesinin sebeplerinin başında gelmektedir. Yanma esnasında yanma odasında tam yanma olabilmesi açısından lüzumlu oksijenden daha fazlasının olduğu olasılıklarda, her zaman tam yanma gerçekleşmeyebilir. Tam yanma olmamasının sebeplerinden biri, yakıtın ve oksijenin aynı tepkimede olduğu zaman içerisinde gereken tam yanma olayının gerçekleşmesi için yeterli derecede karışım olmamasından kaynaklandığı tespit edilmiştir. Tam yanma olayının gerçekleşmemesinin bir diğer sebebi ise; yüksek dereceli sıcaklıklarda yanma gerçekleşen kazanın içerisinde gerçekleşen ayrışmadır. Karbonmonoksit (CO); tam yanma olayı esnasında yetersiz hava ve yetersiz yakıt karışımının uygun olmaması veya gereken derecede

gerçekleşmemesi sebebi ile yanma odasında meydana gelen eksik yanma sonucunda oluşmaktadır (Keating, 1993; Turns, 2000; Çengel ve Boles, 1996).

Kazanlara uygun brülör seçimi, tam yanma belirlenmesi ve gerekli yanma kontrol özelliğine uygun düşünülmesi istenilen ve kaliteli bir yanma elde edilmesine ve daha az yakıt kullanılmasına sebep olmaktadır (Bıçakcı, 1995).

Gazların yanması olayında, katı, sıvı veya elektrik ile yanma gibi yakıtlar çeşidine oranla daha saf bir karışım meydana geldiği için karbonmonoksit emisyonları seviyesinin düşük oranlarda olmaktadır. Doğalgazın yanması olayında, cehennemlikteki radyasyonla ısı transferini yükseltmek için cehennemlikteki radyasyon yüzeyleri konulmaktadır. Elde edilen katı alanlar alev sıcaklık seviyesini indirerek en başta azotoksit emisyonunun seviyesini düşürmek için ise karbonmonoksit emisyonlarını azaltmaktır (Boke ve Aydın, 1878-1884; Aydın ve Boke, 2009).

TS EN 676, (2006)'ya göre seçimi uygun yapılan brülör test analizi için üretilmiş sıcak su kazanının ocağa verilen yakıt miktarının sürekli olarak değiştirilmesi ile Karbonmonoksit emisyonunun değişim değer aralıkları deneysel olarak da ciddi bir araştırma ile incelenmiştir ve sonuçları yayınlanmıştır. Bu incelemede doğalgaz yakılan bir kazan sisteminde ocağa verilen yakıt miktarının Karbonmonoksit emisyonu üstündeki deneysel tesiri detaylı bir şekilde araştırılıp, ispat edilmiştir. Kullanılan deney kazanı TS EN 676 standardı ile dizayn edilmiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu başlık altında; deneysel yöntemler, hesaplama yöntemleri ve sayısal metot çalışmaları detaylı bir şekilde aşağıda açıklanmıştır. Bu üç çalışmada kullanılan yöntemler, formüller ve elde edilen veriler gösterilmiştir.

3.1. Deneysel Metot

Bu çalışmada baca gazı ölçüm cihazı ile Batman ilinin 4 farklı mahallesinde ölçümler alınmıştır. Ölçümün yapıldığı mahalleler; Petrol Mahallesi, Raman Mahallesi, Yeşiltepe Mahallesi ve Çarşı Mahallesiinde baca gazı cihazı ile ölçümler alınmıştır. Ölçüm takvimi olarak eğitim ve öğretimin devam ettiği Şubat-Mart aylarını kapsayan bir dönem seçilmiştir. 4 farklı şekilde ölçümler alınmıştır. Ölçüm daire ve dikdörtgen şeklindeki iki farklı baca türünde yapıldı. Yakıt türü olarak linyit, odun birleşliği (%60) (%60 odun ve %40 kömür) ve doğalgaz kullanıldı. Yapılan ölçümler standartlara uygun bir şekilde yapılmıştır.

3.1.1. Baca Gazı Ölçüm Cihazı

Bir mahalde baca gazı ölçümleri yapılarak, yanma olayının gerçekleştiği kazanların yanma verimliliği, baca içerisinden atmosfere salınan partiküllerin değerleri baca gazı ölçüm cihazı ile elde edilerek bu sonuçlar üzerinde değerlendirmeler yapılarak, alınacak önlemler ile kazanlarda sürekli ve tam yanmanın kaliteli bir yanma olarak gerçekleşip, gerçekleşmediği öğrenilip alınan önlemler ile kaliteli yanma verimi elde edilebilir. Yapılan baca gazı ölçümleri

ve elde edilen parametreler ile yakıtın istenilen miktarlarda kullanılıp kullanılmadığını bilinmesi yararlı bir yöntemdir. Şekil 3.1’de baca gazı ölçüm cihazı gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Baca gazı ölçüm cihazı (Teslo, U.S., 2000)

Yapılan baca gazı ölçümleri ile bacada atmosfere salınan partiküllerden, havadan kara baca gazı dumanları ile kirli baca gazı dumanları mahalde istenmeyen etkilerin de ilk sebeplerindendir. Bu probleminde temel nedeni baca gazı ölçümü sonucunda elde edilecek raporlamalar ile görülebilmektedir (Teslo, U.S., 2000).

3.1.2. Ürün Bilgisi

Bacadan atmosfere salınan zararlı gazların tespitinde kullanılan termal sistemler yakıt maliyetlerini artıracığından dolayı, baca gazı emisyon ölçümleri tekniklerini kullanarak, baca gazını verimli izlemeye ihtiyacı zamanla daha çok önem kazanmıştır. Baca gazı ölçüm yöntemlerinde farklı yöntemler nedeniyle pratik, kolay uygulamalı emisyon analizörü bu nedenlerle istenilen, net, doğru ve kesinlik belirten aletlerdir. Baca gazı ölçümlerin O_2 sensörlü baca gazı ölçüm cihazında standart değerli iyi cihazlardır. Baca gazı ölçümlerinde

istenildiğinde 3 ek gaz sensörlü zamanda cihaza ölçüm yeteneğinin artırılması için konulabilir ve bu nedenle de analizör istenilen düzeyde ölçüm için istenilen göreve hemen adapte olacak şekilde ölçümler ortaya çıkarmaktadır.

Baca gazı ölçümü yapılmak istenilen yerde doğru sonuçlar meydana getirebilmek için baca gazı ölçüm cihazına ikinci bir gaz sensörü daha eklenmelidir. İkinci bir ek gaz sensörü ilave edilmemesi durumunda doğru bir şekilde çalışmaz ve bu neden ile de doğru sonuçlar elde edilemez. Yine baca gazı ölçümü yapılacak mahalde baca gazı cihazına maksimum olarak 3 ek sensörlü gaz daha ilave edilebilmektedir ve bu ilave işlemi sonucunda da cihaz doğru bir şekilde çalışarak, doğru sonuçlar alınmasını sağlar (Teslo, 2000).

3.1.3. Baca Gazı Ölçüm Cihazının Teknik Bilgileri

Çizelge 3.1’de belirtildiği üzere baca gazı ölçüm cihazının depolama sıcaklığı çalışma değer aralıkları, cihazın boyutları, cihazın gövde malzemesi özellikleri, cihazın çalışma değer aralıkları detaylı bir şekilde ifade edilmiştir. Bu çizelgede cihazın minimum depolama sıcaklığının -20°C , maksimum depolama sıcaklığının ise $+50^{\circ}\text{C}$ olduğu görülmektedir. Cihazın boyutlarının ise; $283 \times 103 \times 65$ mm olduğu ve cihazın gövde malzemesinin TPE PC olduğu görülmektedir (Brandi, 1972).

Çizelge 3.1. Baca gazı ölçüm cihazının teknik bilgi özellikleri (Brandi, 1972).

Özellik	Değer
Cihaz depolama sıcaklığı	$-20^{\circ}\text{C} \dots +70^{\circ}\text{C}$
Cihaz çalışma sıcaklığı	$-5^{\circ}\text{C} \dots \dots +90^{\circ}\text{C}$
Boyutlar	$283 \times 103 \times 65$ mm
Gövde malzemesi	TPE PC

Baca gazı ölçümü yapılacak bir mahalde cihazın doğru bir şekilde adım adım çalıştırma uygulaması aşağıda detaylı bir şekilde anlatılmıştır:

- Baca gazı ölçümü yapılacak olan mahalde, baca gazı ölçüm cihazı bacanın üzerinde bulunan ve standartlar çerçevesinde açılan delik etrafına ölçüm yapılabilecek bir şekilde konulur.

- Bacaya konulan cihaza ölçüm yapılacak bir şekilde prob uç ve yine ölçüm yapılabilecek bir şekilde emiş hat bağlantısı sağlanır.
- Bu aşamanın ardından cihaz kapalı durumdadır. Ölçüm cihazı üzerinde bulunan on/off tuşuna basılarak cihaz aktifleştirilerek ölçüm yapılacak ekran gelir. Cihaz on/off tuşuna basıldıktan sonraki bu aşamadan sonra (kullanılan ölçüm cihazının tipi ile mukayese edilerek) 60 saniye ile 120 saniye süresince cihaz kendi özelliğinden dolayı direkt olarak yeniden açılmış bir şekilde kendini yenileyerek gerçekleştirir.
- Ölçüm cihazı yukarda belirtilen ve en son belirtilen kalibrasyon aşamasından sonra, cihazın bundan sonraki çalışma prensibini doğru bir şekilde sağlayabilinmesi için kalibrasyon işleminin tamamlaması gerekmektedir. Gerekli kalibrasyon işlemi gerçekleştirildikten sonra, cihaz ekran menüsünden ölçüm yapılan ve kullanılan mahaldeki bacanın yakıt cinsi doğru bir şekilde ekrana girilir.
- Baca gazı ölçüm cihazının gaz girişine CO, NO, SO₂, CO₂, O₂, gazları ile doğrulama tüpleri içerisinde bu gazlar verilerek cihaz okuduğu değerlerin öncelik ile doğrulaması yapılır ve ardından elde edilen değerler, doğrulama işleminden sonra cihaz kayıt formuna kayıt edilir.
- Baca gazı ölçümü yapılırken net ve doğru sonuçlar elde edilme prensibi üzerinden her zaman hareket edilir. Bu belirtilen prensiplerden en önemli maddelerinden biri; bacaya ait olan yakıcının istenilen seviyede yani cihazın net değerler okuması için gerekli olan tam güçte çalıştırılması sağlanabilmelidir.
- Bacanın içine konulan prob uç, baca deliğinin konulduğu noktadan bacanın merkezine kadar sürülmesi gerekmektedir ve prob ucun konulduğu yerin çevresi doğru sonuçlar alınması için hava girişi içerisine girilmesine izin verilemeyecek şekilde sızdırmazlık işleminin yapılması lazım.
- Baca gazı ölçüm cihazının ekranında yapılan işlemler neticesinde değerler yansımaktadır. Bu değerlerin hemen cihaz kayıt formuna kayıt edilmemesi gerekir.
- Çünkü elde edilen değerler kararlı değerler olmayabilir. Cihazın ekranına gelen değerlerin net olması gerekmektedir yani değerlerin kararlı bir aralık veya net bir değer elde edilinceye kadar beklenilmelidir.

- Baca gazı ölçüm cihazına gelen değerler yapılan ölçümler neticesinde net değerler olduktan sonra, kararlı değerler sağlandıktan sonra ekrandaki değerler farklı aralıklarla 3 adet cihaz kayıt formuna kayıt edilen değerlerin örneği oluşturulması gerekmektedir.
- Baca gazı ölçümü gerçekleşmesinin ardından cihazın prob ucu bacaya konulan yerden kontrollü bir şekilde tahliyesi gerçekleştirilir. Prob ucun içinde kalan gazın otomatik bir şekilde tahliyesinin sağlanması için ve sıcak olan cihaz prob ucun soğuması için belli bir süre bekleme işlemine tabi tutulur. Cihazın prob ucu baca içerisinden çıkarılmasının ardından temiz bir yerde ve temiz bir hava ortamında 5 dakika boyunca çalıştırılması sağlanır. Soğuma işlemi tamamlandıktan sonra ise cihaz açma/kapatma tuşu on/off tuşuyla kapatma işlemi gerçekleştirilir (Brandi, 1972).

3.1.4. Baca Gazı Ölçüm Birimleri

Ppm (parts per million): Bir partikül içerisinde bulunan milyonda parça miktarı olarak ppm yüzde % türünden bir orana benzeyen birime denir. Örneğin %4 bir partikül olarak belirtilen bir oran demek yüz parçanın içerisinde bulunan dört parçacık miktarı olarak bu oran belirtilmektedir.

Yukarda belirtilenden farklı olarak ifade edebilecek 250 ppm Karbonmonoksit (CO) miktarını belirttiğimiz zaman 1 milyon partikül parçacıklarının içerisinde bulunan 250 adet parçacığın CO cinsinden belirtildiği anlaşılmaktadır. Ppm birimi, sıcaklık ve basınç gibi parametreler cinsinden değişkenlikler göstermez ve ppm daha çok düşük konsantrasyonlu partikülleri ifade etmek için kullanılan bir birimdir. Yüksek konsantrasyonlu partikülleri ifade edilmesi gerekir ise de bu ifadeleri % cinsinden ölçümler yapılarak belirtilir (Ruston, 1985).

Partikülleri ifade etmek için yukarıda anlatıldığı üzere ppm ve mg / Nm³ birimleri kullanılır. Bu birimlerin çevrimleri aşağıda ifade edilmiştir:

- Belirtilmiş olan birimler ppm ve mg / Nm³ birimlerinin çevrimi ise aşağıda belirtilmiştir.

1 ppm (parts per milion): 0,0001%

10 ppm (parts per milion): 0,001%

100 ppm (parts per milion): 0,01%

1.000 ppm (parts per milion): 0,1%

10.000 ppm (parts per milion): 1%

- mg /Nm³

(miligram bölü metreküp): mg/Nm³ şeklinde okunur ve belirtilir (Topal, 2000).

Belirtilmiş olan birimde normal değerlerdeki hacim (normal değerlerdeki metreküp) değeri temel olarak kabul edilmektedir. Zehirli gazlar ise mg (miligram) cinsinden ifade edilmektedir. Burada anlatılmak istenen birim metreküp hava içerisindeki mg türünden gazın kütlesi olarak ifade edilmektedir. Belirtilen birim ise basınç ve sıcaklık gibi parametreler ile değişkenlik gösterdiği için temel kabul edilen standart koşullardaki (10°C, 1013 mbar) hacim yine aynı şekilde kabul edilir. Belirtilen bu açıklamalar baca gazı içerisindeki hacimsel oranlar açısından oksijen miktarına kıyas ile değişkenlik gösterdiğinden bu bilgi standart olarak temel alınması gereken bir bilgi değildir. Bu neden ile ölçülen standart değerler belli bir oksijen hacmine (O₂ temel alınacak gazdır) miktar olarak kıyaslamalar yapılarak birimler arasında çevrimler yapılır (Teslo, 2000).

Çizelge 3.2’de CO (Karbonmonoksit) düzeyi yani ppm cinsinden ve çevresel yıkımlar ile ölümlere sebep olacak sürenin, yaşamsal sürelerin üzerinde olduğu durumları belirtmektedir. Ppm değerlerinin ± 1 ppm Karbonmonoksit seviyeleri ile ilgili insan ölümleri üzerindeki pozlama süreleri aşağıda karşılaştırmalı olarak belirtilmiştir. Çizelge 3.2’de şematik olarak ifade edilen ve baca gazından atmosfere salınan CO (Karbonmonoksit) değerlerinin ölüme neden olan maksimum ve minimum kritik seviyeleri Karbonmonoksit seviyesinin ± 1 ppm değerleri cinsinden pozlama süresinin ± 1 dakika olarak değerleri belirtilmiştir (Teslo, 2000).

Çizelge 3.2. Ölüme neden olan kritik CO seviyeleri (Teslo, 2000)

Karbonmonoksit Seviyesi (± 1 ppm)	Pozlama Süresi (± 1 dakika)
100 ppm	Birkaç saat
200 ppm	Sadece bir saat
600 ppm	40 dakika
1000 ppm	30 dakika
2000 ppm	20 dakika
3000 ppm	15 dakika

6000 ppm	10 dakika
10000 ppm	1 - 5 dakika

Baca gazı ölçüm cihazı ile tespit edilen ortam parametreleri;

- Ölçüm yapılan ortamın sıcaklığı,
- Ölçüm yapılan baca gazı sıcaklığı,
- Ölçüm yapılan bacanın çekişi,
- Ölçüm yapılan bacanın O₂ (Oksijen) yani bacanın içerisindeki yanma veriminin ölçülmesindeki değeri,
- Ölçüm yapılan bacanın içerisindeki CO (Karbonmonoksit) değeri,
- Ölçüm yapılan bacanın içerisindeki NO (Azotoksit) değeri,
- Ölçüm yapılan bacanın içerisindeki SO₂ (Kükürtdioksit) değerleri baca gazı ölçüm cihazı ile elde edilebilen değerlerdir (Ashrae, 1997).

Baca gazı ölçümünde yüksek sıcaklıktaki yanma olayında yakıtın içerisinde meydana gelen Azot (N₂) elementi ile Oksijen (O₂) elementi ile tepkimeye girerek Azotoksit (NO) bileşiği meydana gelir. Bu tepkimeye giren renkli olmayan gaz ile Oksijen (O₂) oksitlenerek Azotdioksit (NO₂) meydana gelir. Su içerisinde çözülebilen bir gaz olan azotoksit ayrıca insanlar üzerindeki en zararlı etkilerinin başında gelen, insan ciğerlerini zehirleyen bir gaz oluşu olması sebebiyle tehlikeli bir gaz sınıfındadır (Anonim, 2014).

Azotoksit solunum yolu ile alındığında insanlar üzerinde akut denilen ciğer tahribatına neden olmaktadır. Azotoksit bu zararlı etkisinin yanında ozon formasyonu denilen bir hastalığa da neden olabilmektedir. NO_x (Azotoksit) denilen gösterim ise; NO ve NO₂'in toplamı cinsinden ifade edilmektedir. Fueloil gibi gazların, yağların yanması için bu değerler; 50 ppm ile 100 ppm arasında olması gerekmektedir. Ayrıca Sülfür (S) elementi Kükürtdioksit (SO₂) bileşik değerleri öğrenilebilir. Sülfürdioksit (SO₂) bileşiği keskin kokulu, renksiz ve zararlı bir gaz olduğu ispat edilmiştir (Anonim, 2014).

Sülfürdioksit (S_2O) yakıtın içerisinde bulunan sülfür etkisiyle meydana gelen bir gazdır. Sülfür, su veya kondenzasyon yani yoğunlaşma suyu ile tepkimeye girdiğinde veya bu iki bileşik ile birleştiğinde Sülfürikasit (H_2SO_3) meydana gelmektedir. Baca gazı ölçümlerinde yakıt cinsi açısından fueloil gibi kazanların yanma olayı çeşitleri nedeni ile belirtilen seviyeler 180 ppm değeri ve 220 ppm değeri arasında kabul edilmektedir (Ashrae, 1997).

3.2. Hesaplama Yöntemi

Yanma olayındaki verimin hesaplanması işleminde kullanılan denklemlere dair bir formülasyonu bulunmaktadır. Bu formüller ile verim hakkında bilgi elde edilebilir ve elde edilen sonuçlar ile yanma verimini artırmaya yönelik detaylı çalışmalar yapılabilir.

3.2.1. Yanma Veriminin Hesaplanması

Yanma veriminin hesaplanması işleminde, verim atmosferdeki fazla hava katsayısı, Karbondioksit (CO_2) ve Azotoksit (NO_x) gibi farklı parametrelerin portatif baca gazı ölçüm cihazlarının hesaplayabildiği parametrelerdir. Verim değerinin hesaplayabilmek ve yanma olayındaki verim hakkında bilgi elde edebilmek için gerekli olan parametreler; baca gazı sıcaklığı (F_T), ortam sıcaklığı (A_T), bacada, baca içerisinde ölçülen Oksijen (O_2) değerlerinin elde edilebilmesi gerekmektedir.

$$\mu = 100 - q_A \quad (3.1)$$

$$q_A = \left[(F_T \times A_T) \times \left[\frac{A_2}{(21 - O_2) + B} \right] \times X_K \right]$$

(3.2)

μ : Yanma verimi

q_A : Baca gazı kaybı

F_T : Baca gazı sıcaklığı

A_T : Ortam sıcaklığı

A_2/B : Yakıta özel katsayılar

O_2 : Ölçülen Oksijen

X_K : Yoğuşma sıcaklığına ulaşamadığında q_A 'in "-" değer aldığını belirten katsayıdır. Yoğuşmalı sistemler için önemlidir. Yoğuşma sıcaklığının altına inilmediyse; $X_K=0$ 'dir.

Yukarıdaki verim formülünde aynı zamanda yakıt tipine göre değişkenlik gösteren bazı katsayılar bulunmaktadır. Bu nedenle verim hesabı için baca gazı ölçüm cihazında kullanılan yakıt tipinin doğru girilmesinin önemi büyüktür.

Verim formülünün içerisinde ortam havası sıcaklığının olmasının sebebi sisteme giren havanın ortamdan çekiliyor olmasıdır. Bu bağlamda ortam sıcaklığı sensörünün brülörün hava giriş ağzında bulunması daha doğru ve hassas ölçüm yapılması için önemlidir. Portatif baca gazı ölçüm cihazlarında CO_2 gazı elektrokimyasal yolla ölçülememiğinden dolayı IR teknikle ölçülür veya çoğu zaman hesaplanır. CO_2 hesaplanmasında ise; aşağıdaki formül kullanılmaktadır. Aşağıdaki formülde CO_2 max değeri seçilen yakıta göre hesaplanan bir parametredir. O_2 ise ölçülen Oksijen miktarını temsil etmektedir.

$$CO_2 = \frac{CO_2 \times (21 - O_2)}{21} \quad (3.3)$$

Yanma için gerekli olan Oksijen ortam havasından sağlanır. Tam yanmanın sağlanması için teorik olarak gerekli olan Oksijenden daha fazla Oksijen gerekmektedir. Sisteme verilen fazla havanın teorik hava ihtiyacına oranına fazla hava katsayısı (λ) denmektedir. Fazla hava katsayısının formülü ise aşağıdaki gibidir;

$$\lambda = \frac{CO_{22}}{CO_2} = 1 + \frac{O_2}{21 - O_2} \quad (3.4)$$

Baca gazı ölçüm cihazının düzgün ve bilinçli kullanılması en az cihaz hassasiyeti kadar önemlidir. Cihazın verilerinin doğru şekilde yorumlanması yakma sisteminin verimini yükselteceği gibi, yakıt maliyetini de minimize edecektir. Baca gazı ölçüm sonuçlarını bir bakışta görülebileceği baca gazı ölçüm cihazı, baca gazı analizörü, ısıtma sistemini kontrol altında tutulmasını kolaylaştıran profesyonel destek sağlar. Renkli grafik ekranıyla ölçüm verileri çok daha kolay bir şekilde analiz edilebilir (Anonim, 2014).

3.3. Sayısal Metot

Bu çalışmada ANSYS Workbench 14.5 Fluent programı kullanılmıştır. Tüm modelleme çalışmaları bu program ile yapıldı. Aşağıdaki şekillerde gösterildiği gibi dairesel ve dikdörtgen bacalarda sayısal modelleme de sınır şartlarının belirlenmesi ve mesh işleminin görüntüleri ifade edilmiştir.

Tüm temel denklemler ya eleman denetim hacmi ya da elemansal sistem düşünülerek türetilir.

Süreklilik Denklemi: u hız olmak üzere, kütle korunumu daimi, laminar akış için;

$$\frac{\partial}{\partial t} + \frac{\partial \rho u_i}{\partial x_i} = 0 \quad (3.5)$$

Burada ρ akışkanın yoğunluğu, t zamanı, x_i i indisi ile belirtilen yöndeki konum vektörünü tanımlamaktadır.

Momentum Denklemi (Navier-Stokes): u hız olmak üzere, kütle korunumu daimi, momentum denklemi için;

$$\frac{\partial}{\partial x_j} (\rho u_i U_j) - \frac{\partial p}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\mu \frac{\partial u_i}{\partial x_j} \right) \quad (3.6)$$

Burada μ dinamik viskozite ve p ise basınçtır.

Enerji Korunumu Denklemi: T sıcaklık olmak üzere, termodinamiğin I. yasası bir kontrol hacmi için yazıldığında;

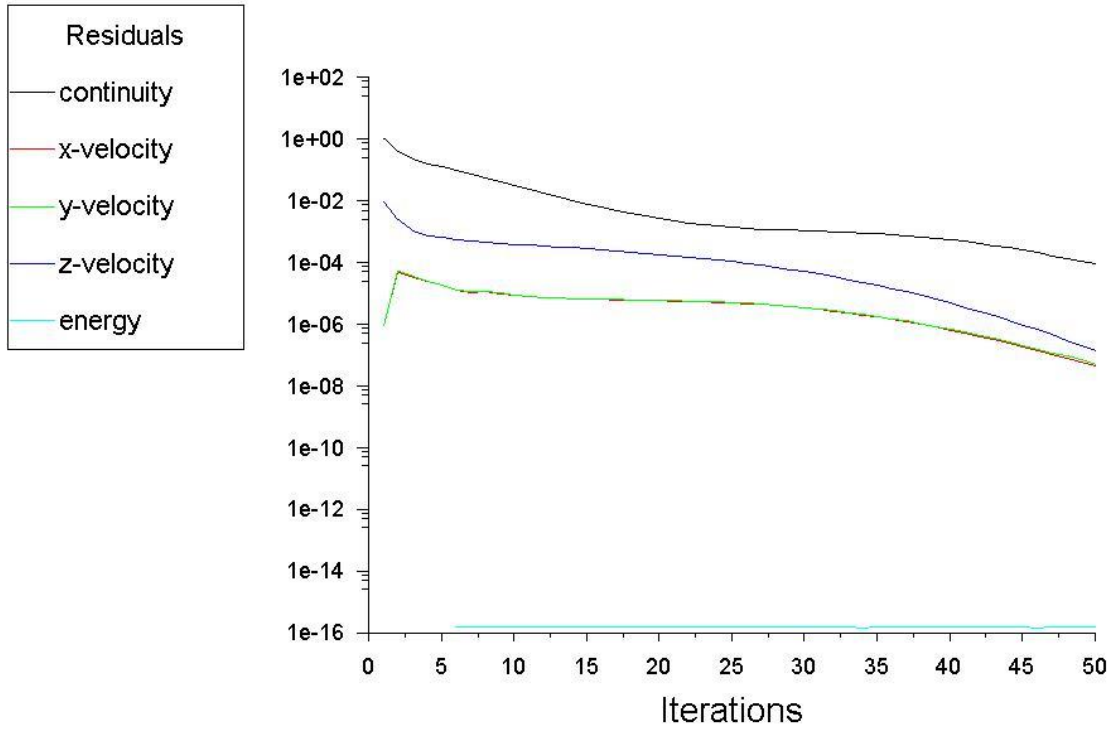
$$\frac{\partial}{\partial x_j} (\rho C_p T u_j) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left(k \frac{\partial T}{\partial x_j} \right) + \Phi \quad (3.7)$$

C_p ve k sırasıyla akışkanın sabit basınçta özgül ısı ve ısı iletim katsayısı değerleridir. Φ ise disipasyon terimidir.

Analiz modelleme programında yapılan sonuçlar aşağıdaki şekillerde gösterilmiştir:

Şekil 3.2’de daire şeklindeki bacanın içerisindeki partiküllerin sayısal modelleme de sınır şartlarının belirlenmesi için alınan değerler ve grafiği gösterilmiştir.

- Akış Tipi: Laminer
- Isı Akışı: 0 (Adyabatik bir baca olarak kabul edildi)
- Raporlama Aracı: 1 olarak kabul edildi
- Profil Güncelleme Aracı: 1 olarak kabul edildi
- Düzen: Basit olarak kabul edildi
- Eğim: En Küçük Kareli Hücre Temelli
- Geliştirilmiş Boyut İşlevi: Curvature
- İterasyon Değeri: 50 olarak koşturulmuştur
- Baca Çıkış Hızı: 0,5 m/sn
- Baca Çıkış Basıncı: 0 Pa
- Baca Çıkış Sıcaklık: 36,85°C
- Çevre Sınır Sıcaklığı: +25°C
- Yoğunluk: 1,225 kg/m³
- Termal İletkenlik: 0,0242 w/mK
- Özgül Isı: 1006,43 j/kgK
- Entalpi: 0 j/kg
- Baca Uzunluğu: 3 m
- Bacanın Çapı: 0,5 m
- Viskozite: 0,000017894
- Momentum: 0,7
- Yerçekim İvmesi: -9,81



Scaled Residuals

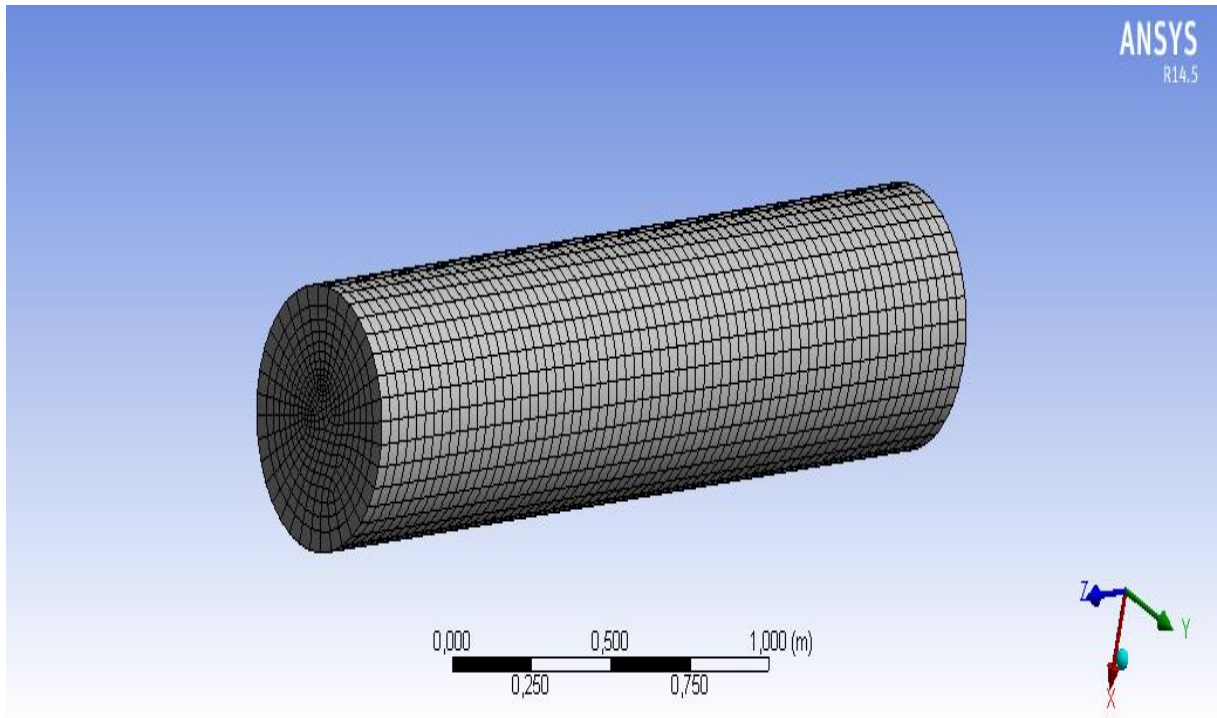
 Sep 17, 2019
 ANSYS Fluent 14.5 (3d, dp, pbns, lam)

Şekil 3.2. Daire şeklindeki bacanın içerisindeki partiküllerin görüntüsü

Şekil 3.3'te daire şeklindeki bacanın içerisindeki partiküllerin mesh işleminde görüntüsü gösterilmiştir.

- Düğüm Sayısı: 24820
- Elemanlar: 23182
- Çözücü Tercihi: Akıcı
- Mesh İşleminde Yay Sabiti Faktörü: 1
- Mesh İşleminde Birbirine Yakınsama Toleransı: 0,001
- Mesh İşleminde Yenileme Sayısı: 20
- Mesh Düğüm Gevşeme Sayısı: 1
- Mesh İşleminde Hat Genişliği: 1
- Eğrilik Açısı: 18°
- En Küçük Kenar Büyüklüğü: 0,00044996 m
- En Büyük Kenar Büyüklüğü: 0,89991 m
- İşlem Oranı: 0,272

- Maksimum Katman: 5
- Şişirme: 10 adet
- Büyüme Oranı: Varsayılan (1,20)
- Tolerans Değeri: Varsayılan 0,00040496
- Termal İletkenlik: 0,0242 w/mK
- Özgül Isı: 1006,43 j/kgK
- Mesh işleminde sayısal modelleme zamansız yapılmıştır

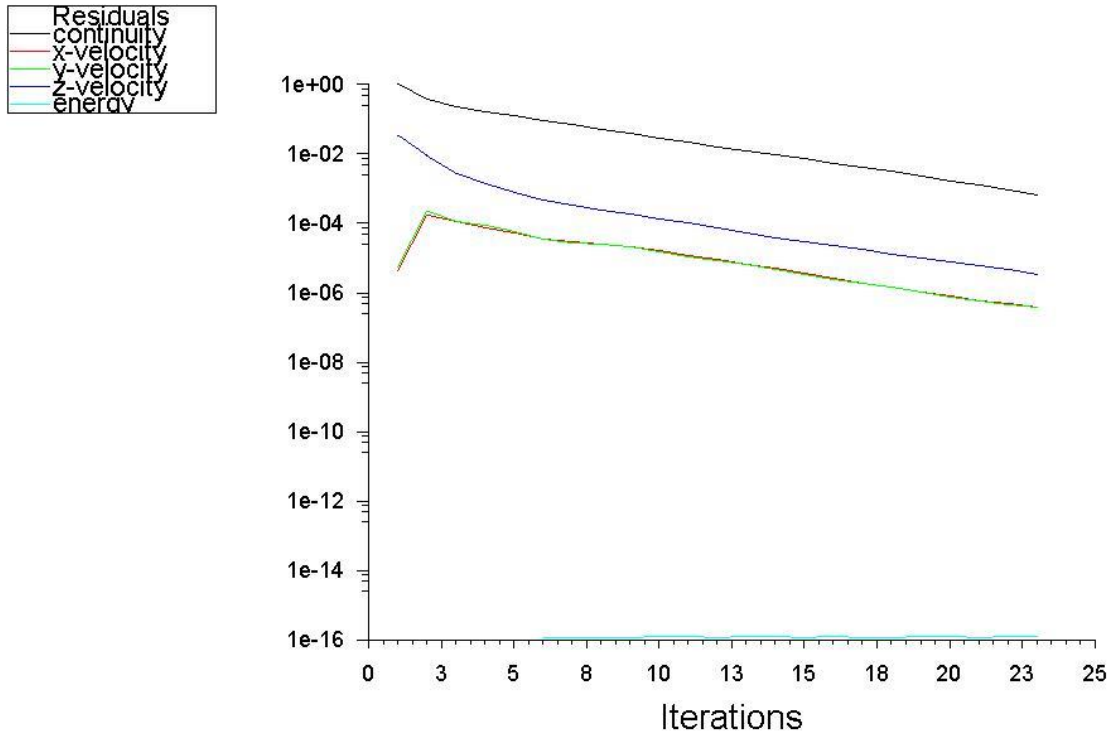


Şekil 3.3. Daire şeklindeki bacanın içerisindeki partiküllerin mesh işlemi görüntüsü

Şekil 3.4’te dikdörtgen şeklindeki bacanın içerisindeki partiküllerin sayısal modelleme de sınır şartlarının belirlenmesi için alınan değerler gösterilmiştir.

- Akış Tipi: Laminer
- Isı Akışı: 0 (Adyabatik bir baca olarak kabul edildi)
- Raporlama Aracı: 1 olarak kabul edildi
- Profil Güncelleme Aracı: 1 olarak kabul edildi
- Düzen: Basit olarak kabul edildi
- Eğim: En Küçük Kareli Hücre Temelli
- Geliştirilmiş Boyut İşlevi: Curvature
- İterasyon Değeri: 50 olarak koşturulmuştur

- Baca Çıkış Hızı: 0,4 m/sn
- Baca Çıkış Basıncı: 0 Pa
- Maksimum Basın Değeri: 0,508 Pa
- Baca Çıkış Sıcaklık: 26,85°C
- Çevre Sınır Sıcaklığı: -5°C
- Yoğunluk: 1,225 kg/m³
- Entalpi: 0 j/kg
- Baca Uzunluğu: 3 m
- Bacanın Uzun Kenarı: 0,4 m
- Bacanın Kısa Kenarı: 0,3 m
- Viskozite: 0,000017894
- Momentum: 0,7
- Yerçekim İvmesi: -9,81
- Termal İletkenlik: 0,0238 w/mK
- Özgül Isı: 1005,21 j/kgK



Scaled Residuals

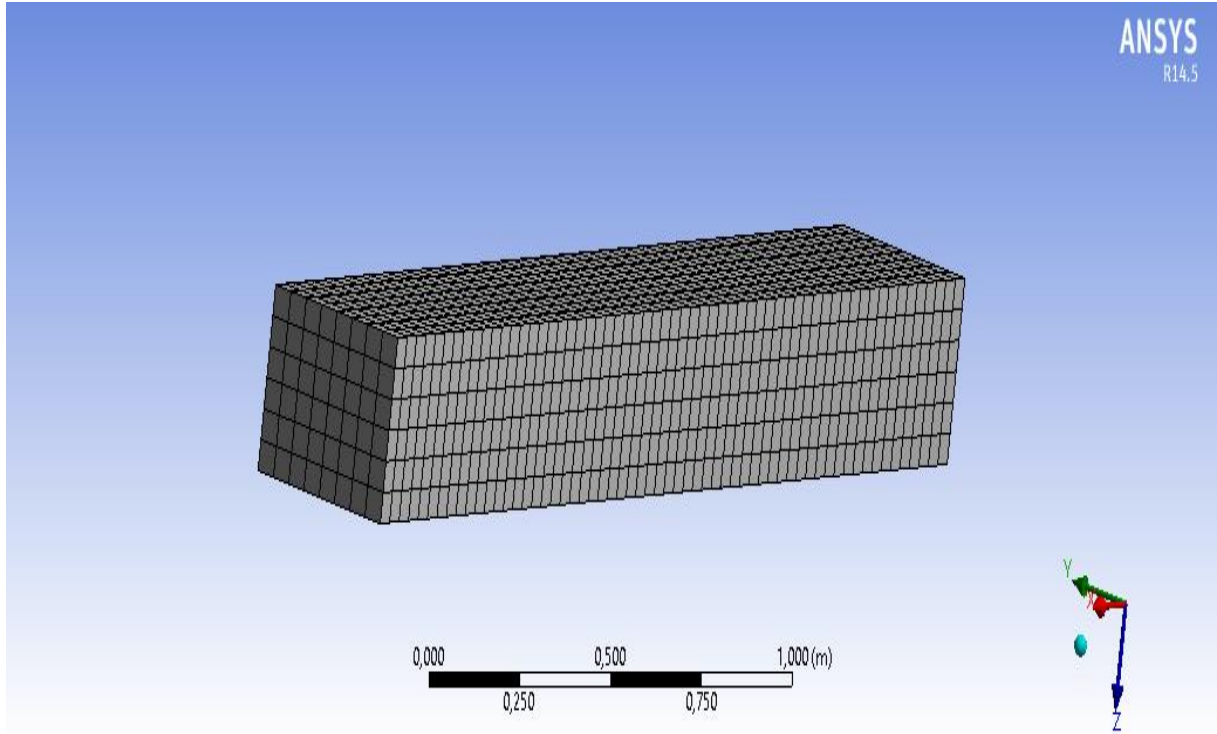
 Sep 18, 2019
 ANSYS Fluent 14.5 (3d, dp, pbns, lam)

Şekil 3.4. Dikdörtgen şeklindeki bacanın içerisindeki partiküllerin görüntüsü

Şekil 3.5'te dikdörtgen şeklindeki bacanın içerisindeki partiküllerin mesh işleminde görüntüsü gösterilmiştir.

- Düğüm Sayısı: 3843
- Elemanlar: 2880
- Çözücü Tercihi: Akıcı
- Mesh Yay Sabiti Faktörü: 1
- Mesh Birbirine Yakınsama Toleransı: 0,0001
- Mesh Yenileme Sayısı: 20
- Mesh Düğüm Gevşeme Sayısı: 1
- Mesh Hat Genişliği: 1
- Eğrilik Açısı: 18°
- En Küçük Kenar Büyüklüğü: 0,01 m
- En Büyük Kenar Büyüklüğü: 0,05 m
- İşlem Oranı: 0,272
- Maksimum Katman: 5

- Şişirme: 10 adet
- Büyüme Oranı: Varsayılan (1,20)
- Tolerans Değeri: Varsayılan (0,009)
- Termal İletkenlik: 0,0238 w/mK
- Özgül Isı: 1005,21 j/kgK
- Mesh işleminde sayısal modelleme zamansız yapılmıştır



Şekil 3.5. Dikdörtgen şeklindeki bacanın içerisindeki partiküllerin mesh işlem görüntüsü

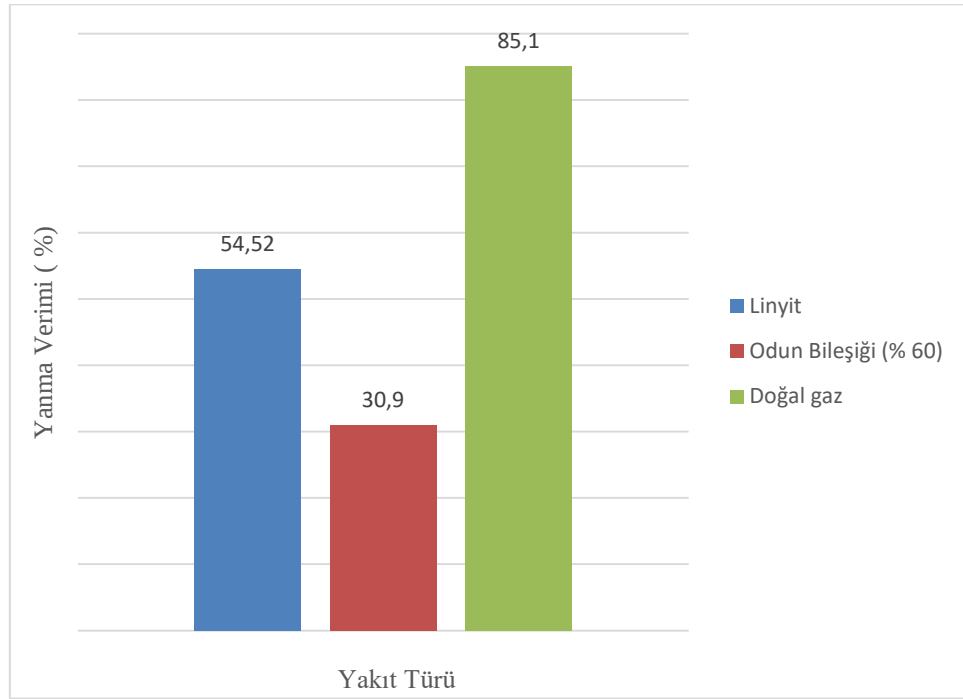
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Bu çalışmada bacadan atmosfere salınan CO₂ (%), Seyretilik CO ve NO partikülleri ölçülmüştür. Baca gazı sıcaklığı, ortam sıcaklığı ve çiğ noktası sıcaklıkları tespit edilmiştir. Yanma verimi hesaplanmıştır. Aşağıdaki şekillerde değerler mukayese edilerek ifade edilmiştir.

4.1. Deneysel Bulgular ve Tartışma

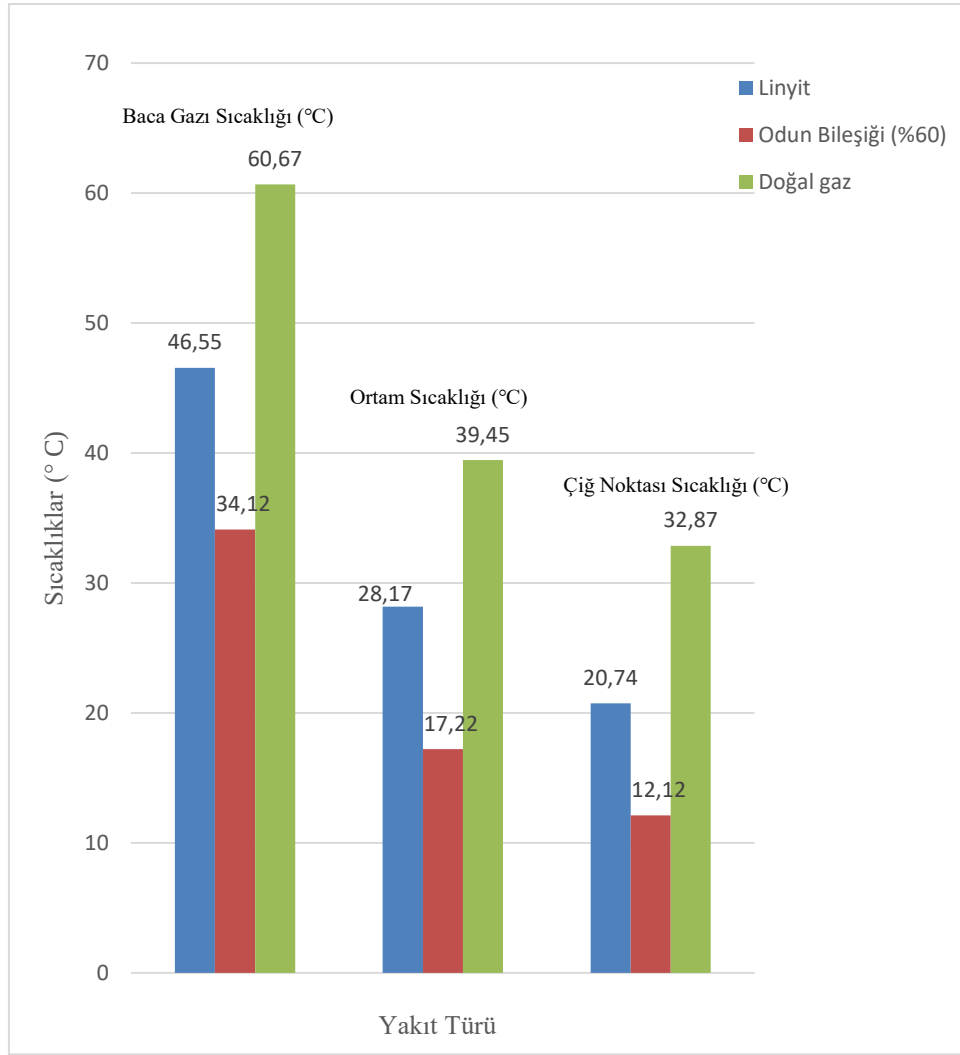
Bu çalışmada baca gazı ölçümü sonucunda elde edilen partiküller ve yanma verimi değerleri karşılaştırılmıştır.

Şekil 4.1’de en yüksek yanma verimi %85,1 değeri ile doğalgaz olduğu tespit edilmiştir. Yanma veriminin en düşük olan yakıt türünün %30,9 değeri ile odun birleşigi (%60) olduğu tespit edilmiştir.



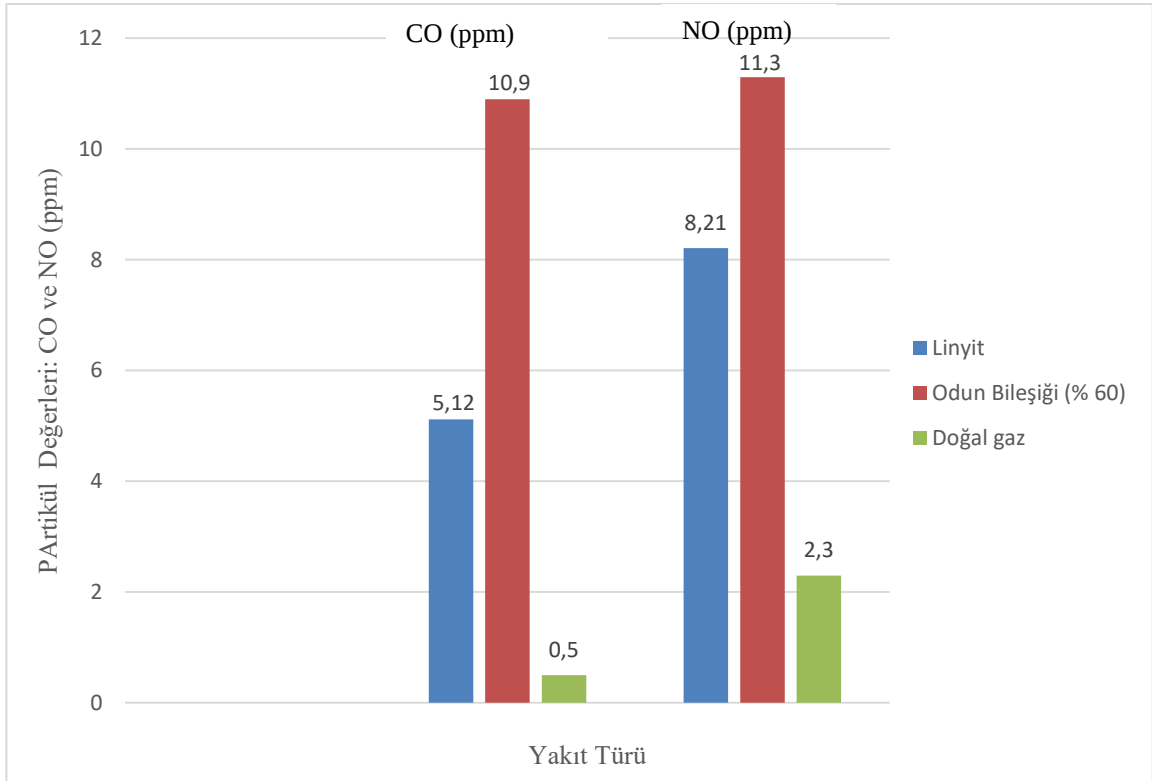
Şekil 4.1. Yakıt türlerinin yanma verimleri (%) karşılaştırılması

Şekil 4.2’de baca gazı sıcaklığının 60,67°C, ortam sıcaklığının 39,45°C, çiğ noktası sıcaklığının 32,87°C değerleri ile yakıt türü olarak doğalgaz da en yüksek olduğu tespit edilmiştir. Baca gazı sıcaklığının 34,12°C, ortam sıcaklığının 17,22°C, çiğ noktası sıcaklığının 12,12°C değerleri ile yakıt türü olarak odun birleşigi (%60) da en düşük olduğu tespit edilmiştir.



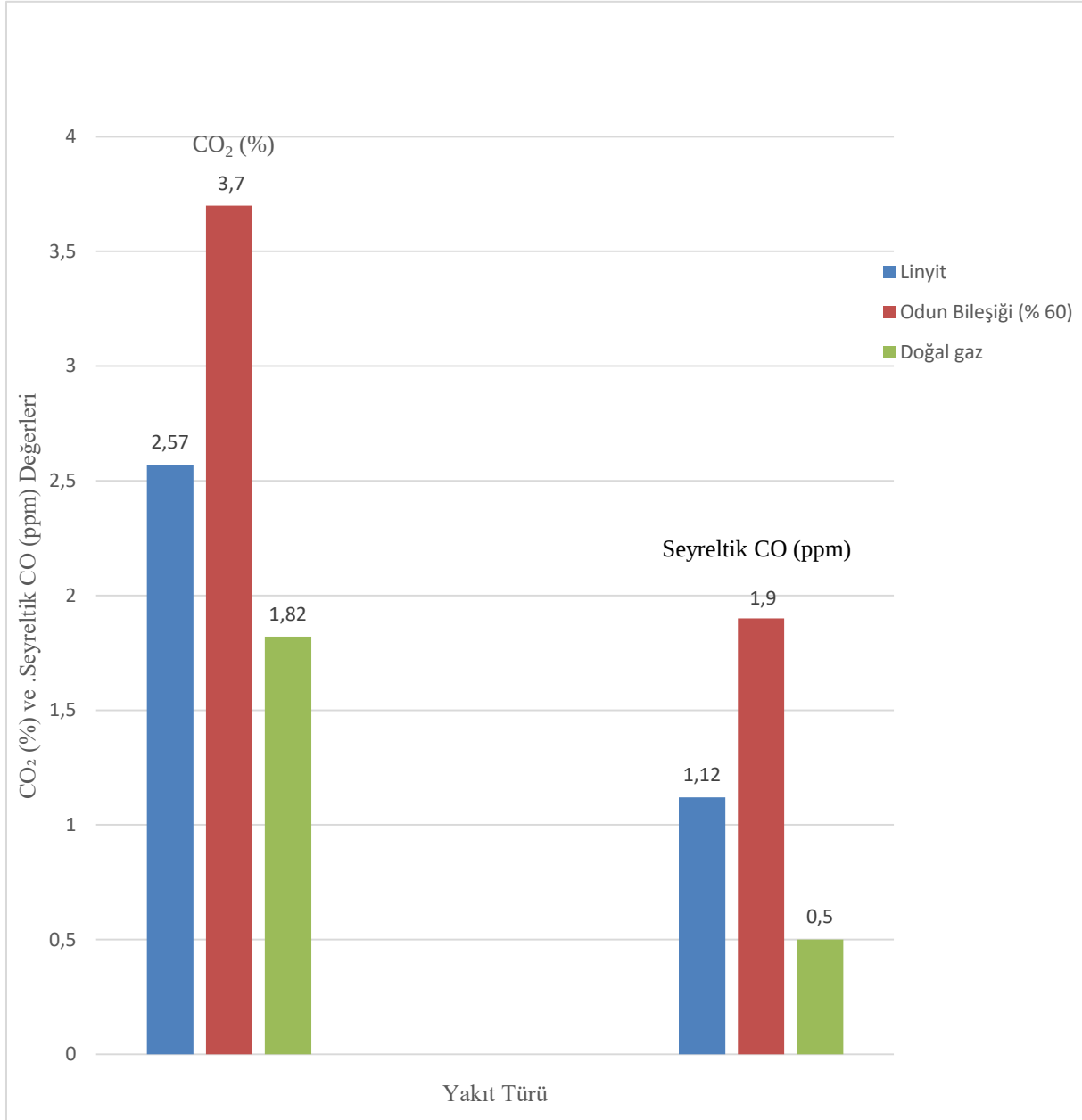
Şekil 4.2. Yakıt türüne bağlı olarak sıcaklık değerlerinin karşılaştırılması

Şekil 4.3'te atmosfere salınan partikül değerlerinin en düşük olan yakıt türünün CO: 0,5 ppm ve NO: 2,3 ppm ile doğalgaz olduğu tespit edilmiştir. Atmosfere salınan partikül değerlerinin en yüksek (zararlı) olan yakıt türünün CO: 10,9 ppm ve NO: 11,3 odun birleşigi (%60) olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.3. Yakıt türüne bağlı olarak partikül CO, NO (ppm) değerlerinin karşılaştırılması

Şekil 4.4'te atmosfere salınan partikül değerlerinin en düşük olan yakıt türünün CO₂ (%): 1,82 ve Seyreltik CO: 0,5 ppm değerleri ile doğalgaz olduğu tespit edilmiştir. Atmosfere salınan partikül değerlerinin en yüksek (zararlı) yakıt türünün CO₂ (%): 3,7 ve Seyreltik CO: 1,9 ppm odun birleşigi (%60) olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.4. Yakıt türü ile CO₂ (%) ve seyreltik CO (ppm) değerlerinin karşılaştırılması

4.2. Sayısal Bulgular ve Tartışma

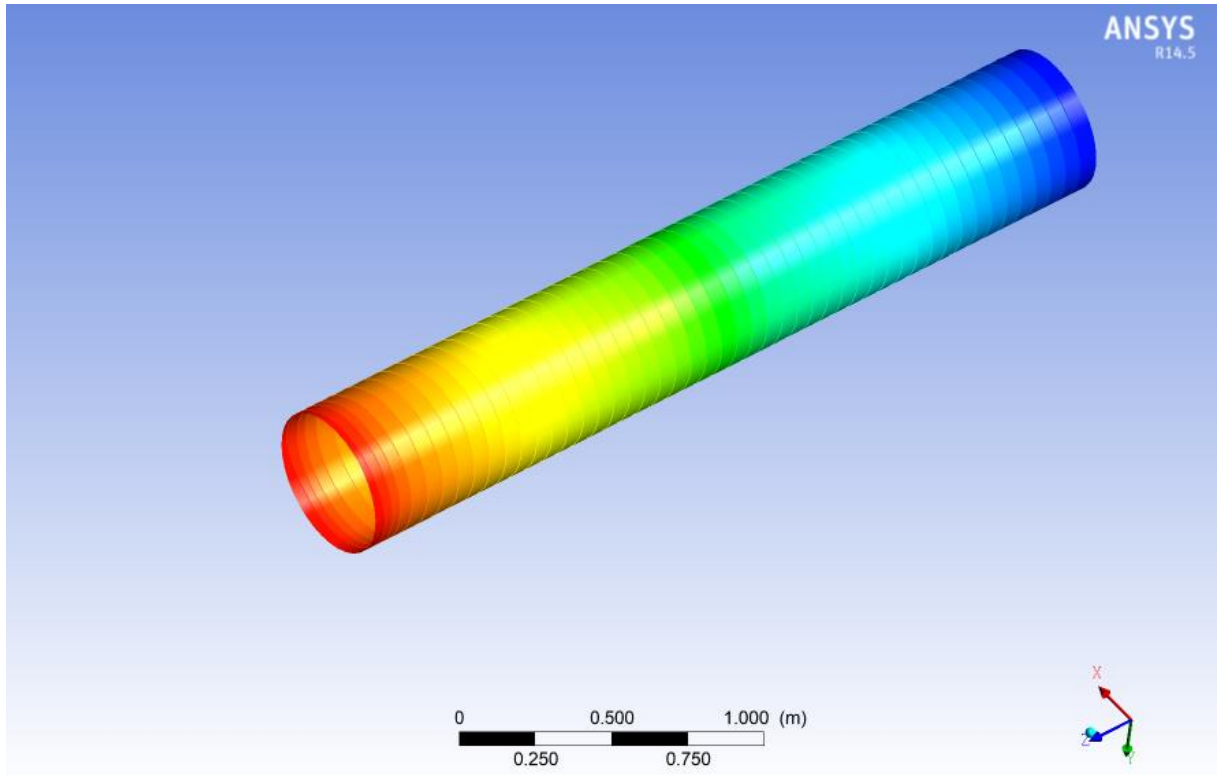
Bu çalışma dairesel ve dikdörtgen baca tiplerinin basınç değerleri, hız değerleri ve çevre sınır şartları belirlenerek mukayeseler yapıldı. Çalışma yapılan baca tiplerinin deneysel değerler ile sayısal değerleri değerlendirildi.

Daire Şeklindeki Bacanın Analiz ve Grafik Gösterimi: Belirlenen sınır değerleri ile deneysel değerler ve sayısal değerlerin şekil 4.15 ve şekil 4.16’da mukayeseleri gösterilmiştir.

Basınç ve hız analizinde alınan sınır değerler aşağıda belirtilmiştir:

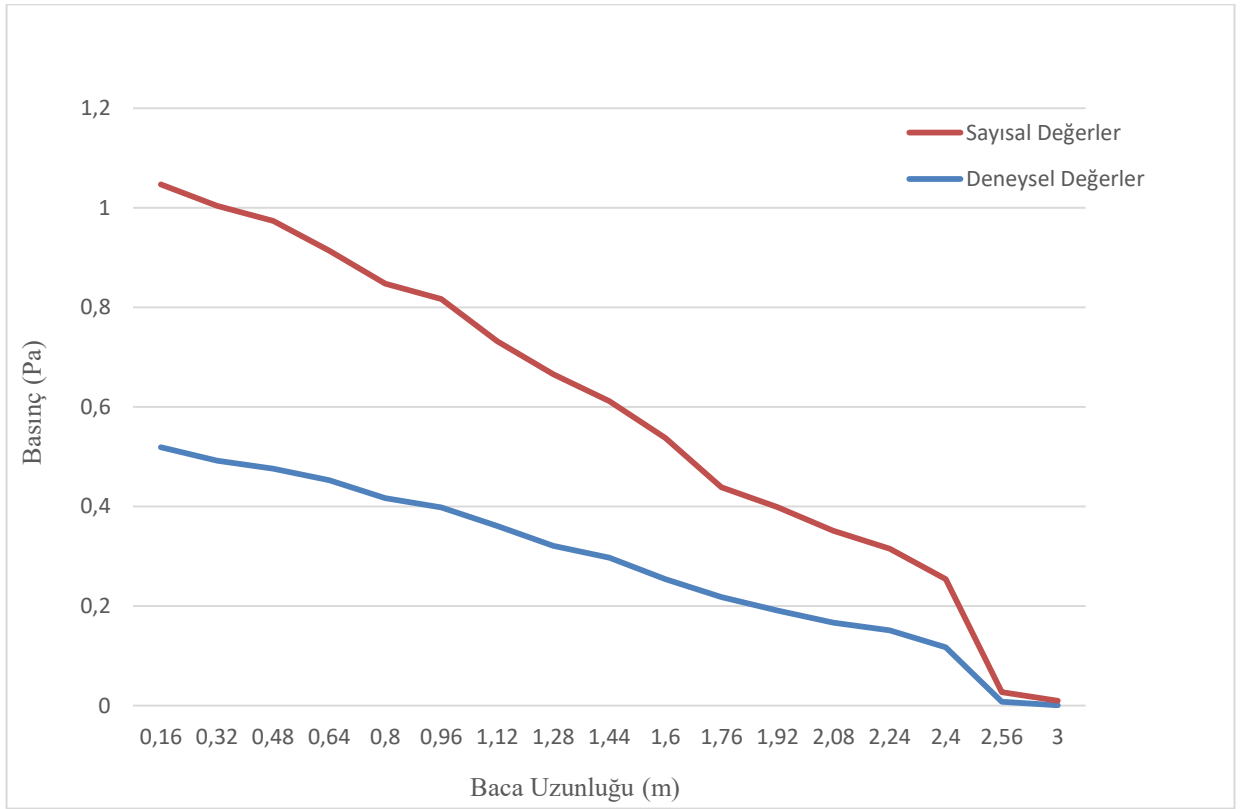
- Akışkan: Hava
- Baca Çıkış Basıncı: 0 Pa
- Maksimum Basın Değeri: 0,519 Pa
- Baca Çıkış Hızı: 0,5 m/sn
- Baca Çıkış Sıcaklık: 36,85°C
- Çevre Sınır Sıcaklığı: +25°C
- Baca Uzunluğu: 3 m
- Bacanın Çapı: 0,5 m
- Isı Akışı: 0 (Adyabatik bir baca olarak kabul edildi)

Şekil 4.5’te daire şeklindeki bacanın içerisinden geçen partiküllerin basınç görüntüsü gösterilmiştir. Ayrıca bu değerler gözlemlendiğinde dairesel baca içerisindeki partiküllerin baca çıkışına doğru basınç değerlerinin azaldığı tespit edilmiştir. Bacadan atmosfere salınan partiküllerin basınç değerlerinin sıfır olduğu gözlenmiştir. Bacanın girişinde basıncın en yüksek olduğu ve kırmızı renk ile bacanın çıkışında ise basıncın en düşük ve mavi renkte gösterilmiştir.



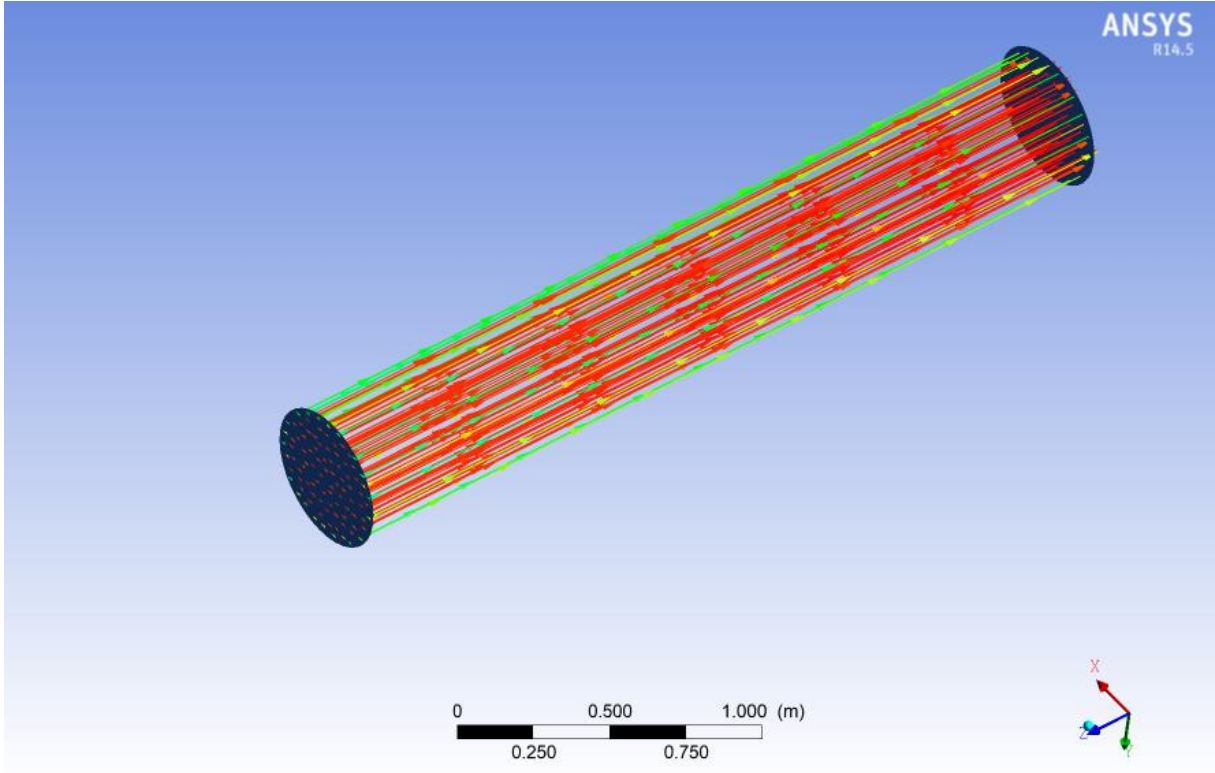
Şekil 4.5. Daire şeklindeki baca içerisinden geçen partiküllerin basınç görüntüsü

Şekil 4.6’da daire şeklindeki baca içerisinde geçen partiküllerin basınç işlemi yapılmıştır. Ayrıca sayısal veriler ile deneysel veriler karşılaştırılarak elde edilen değerlerin birbirine yakın olduğu gözlemlenmiştir. Bacanın çıkışına doğru deneysel değerler ile sayısal değerlerin basınç değerlerinin sürekli olarak azaldığı analiz edilmiştir. Bu işlemin grafik olarak gösterimi aşağıda gösterilmiştir.



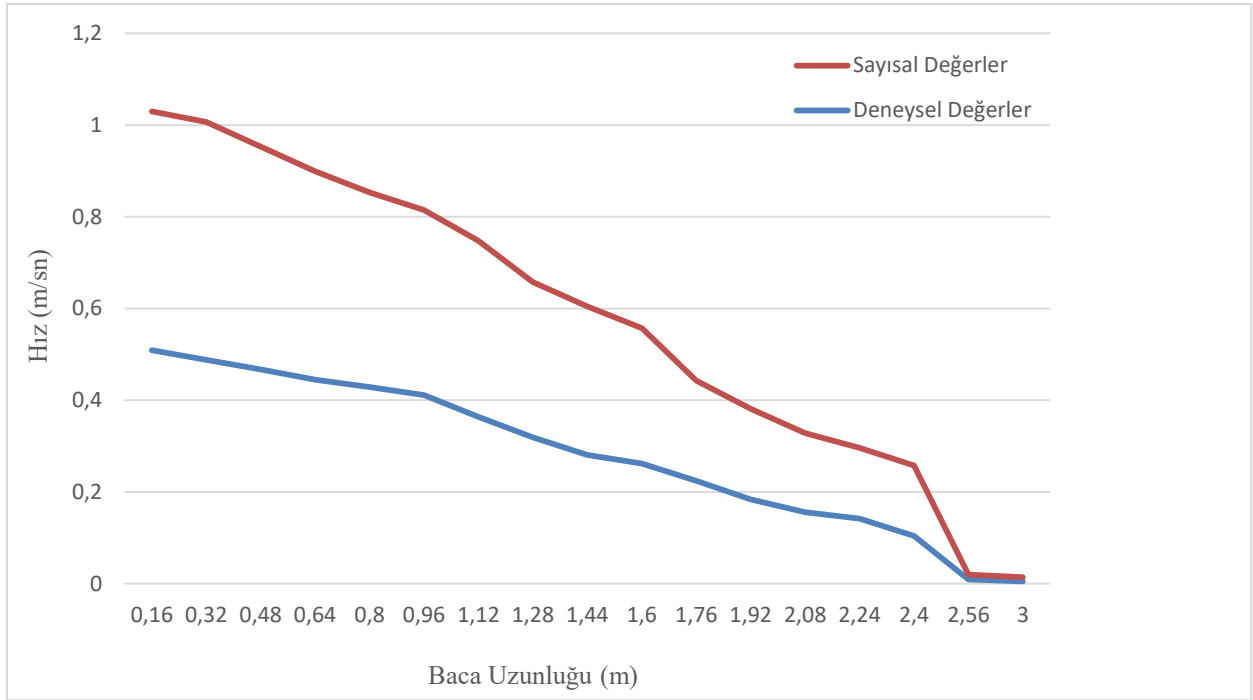
Şekil 4.6. Daire şeklindeki baca içerisinde geçen partiküllerin basınç grafiği

Şekil 4.7’de daire şeklindeki bacanın içerisinde geçen partiküllerin hız görüntüsü gösterilmiştir. Ayrıca sayısal veriler ile deneysel veriler karşılaştırılarak elde edilen değerlerin birbirine yakın olduğu gözlemlenmiştir. Bu değerler gözlemlendiğinde dairesel baca içerisindeki partiküllerin baca çıkışına doğru hız değerlerinin azaldığı tespit edilmiştir. Bacadan atmosfere salınan partiküllerin basınç değerinin sıfır olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 4.7. Daire şeklindeki baca içerisinde geçen partiküllerin hız görüntüsü

Şekil 4.8’de daire şeklindeki baca içerisinde geçen partiküllerin hız işlemi yapılmıştır. Ayrıca sayısal veriler ile deneysel veriler karşılaştırılarak elde edilen değerlerin birbirine yakın olduğu gözlemlenmiştir. Bacanın çıkışına doğru deneysel değerler ile sayısal değerlerin hız değerlerinin sürekli olarak azaldığı tespit edilmiştir. Bu işlemin grafik olarak gösterimi aşağıda gösterilmiştir.



Şekil 4.8. Daire şeklindeki baca içerisindeki partiküllerin hız grafiği

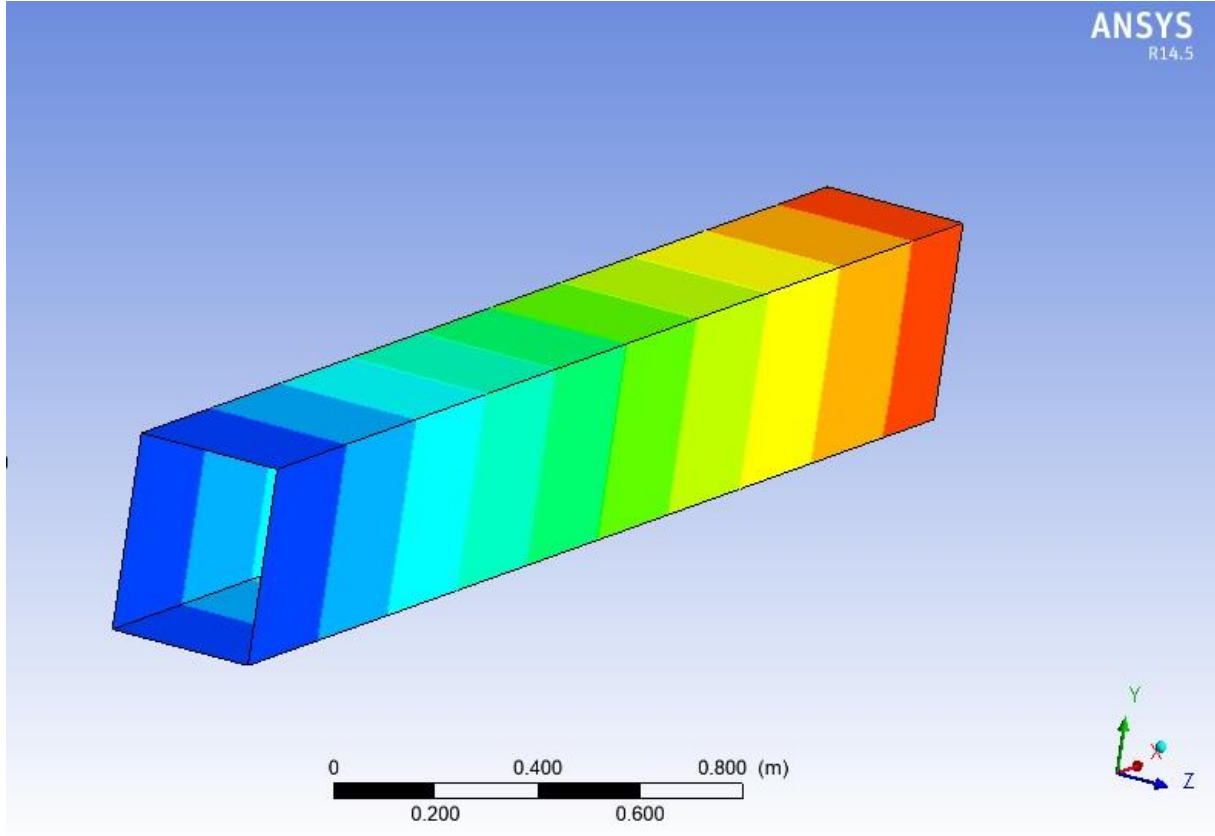
Dikdörtgen Şeklindeki Bacanın Analiz ve Grafik Gösterimi: Belirlenen sınır değerleri ile deneysel ve sayısal değerlerin şekil 4.19 ve şekil 4.20’de mukayeseleri ifade edilmiştir.

Basınç ve hız analizinde alınan sınır değerler aşağıda belirtilmiştir:

- Isı Akışı: 0 (Adyabatik bir baca olarak kabul edildi)
- Akışkan: Hava
- Baca Çıkış Basıncı: 0 Pa
- Maksimum Basın Değeri: 0,508 Pa
- Baca Çıkış Hızı: 0,4 m/sn
- Baca Çıkış Sıcaklık: 26,85°C
- Çevre Sınır Sıcaklığı: -10°C
- Baca Uzunluğu: 3 m
- Bacanın Uzun Kenarı: 0,4 m
- Bacanın Kısa Kenarı: 0,3 m

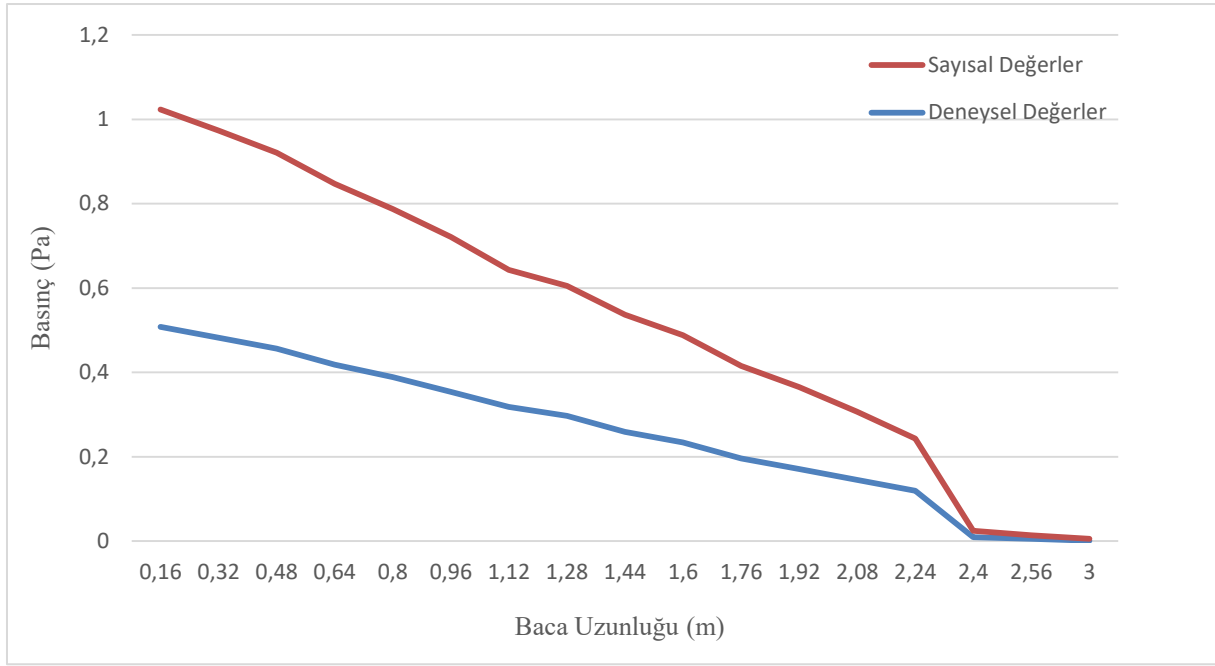
Şekil 4.9’da dikdörtgen şeklindeki bacanın içerisindeki partiküllerin basınç görüntüsü gösterilmiştir. Bu değerler gözlemlendiğinde dikdörtgen baca içerisindeki partiküllerin baca çıkışına doğru basınç değerlerinin azaldığı tespit edilmiş ve mavi renk ile gösterilmiştir. Baca girişinde basıncın en yüksek değerde olduğu tespit edilmiş ve kırmızı

renk ile gösterilmiştir. Ayrıca sayısal veriler ile deneysel veriler karşılaştırılarak elde edilen değerlerin birbirine yakın olduğu gözlemlenmiştir. Bacadan atmosfere salınan partiküllerin basınç değerlerinin sıfır olduğu gözlenmiştir.



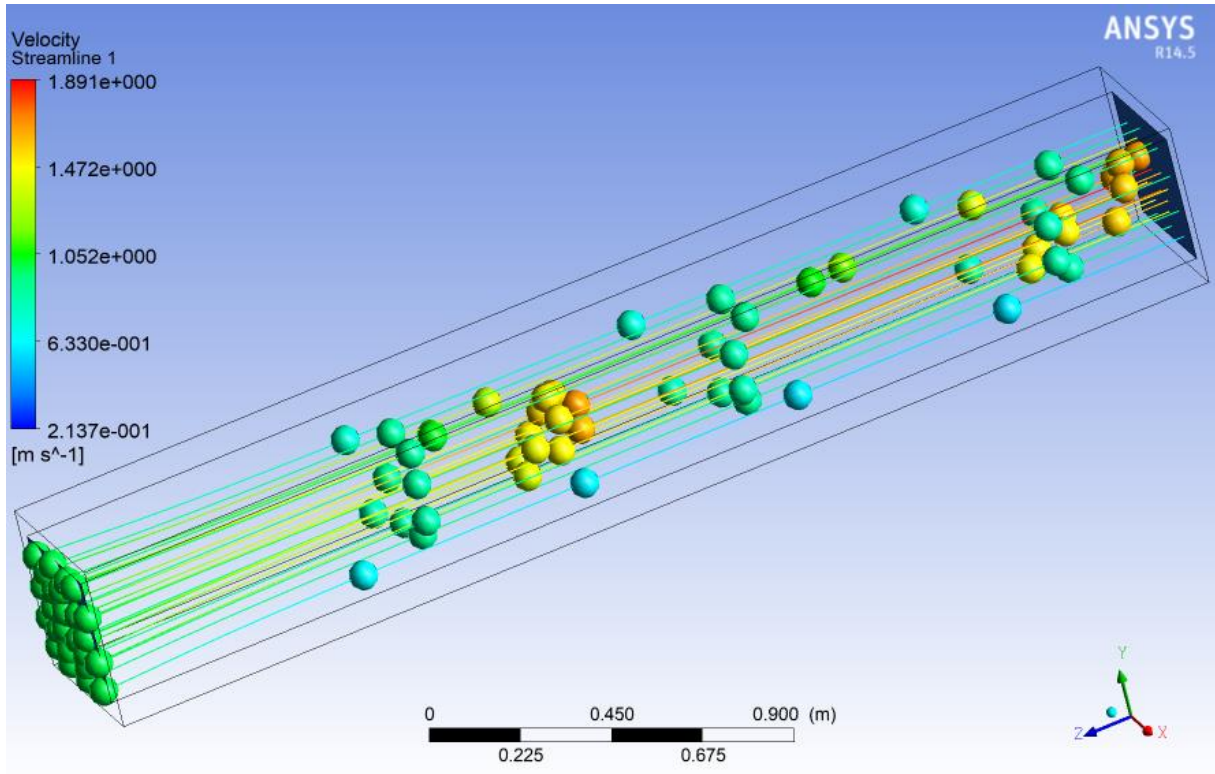
Şekil 4.9. Dikdörtgen şeklindeki baca içerisinde geçen partiküllerin basınç görüntüsü

Şekil 4.10’da dikdörtgen şeklindeki baca içerisinde geçen partiküllerin basınç işlemi yapılmıştır. Bacanın çıkışına doğru deneysel değerler ile sayısal değerlerin basınç değerlerinin sürekli olarak azaldığı tespit edilmiştir. Ayrıca sayısal veriler ile deneysel veriler karşılaştırılarak elde edilen değerlerin birbirine yakın olduğu gözlemlenmiştir. Bu analizin grafik olarak gösterimi aşağıda gösterilmiştir.



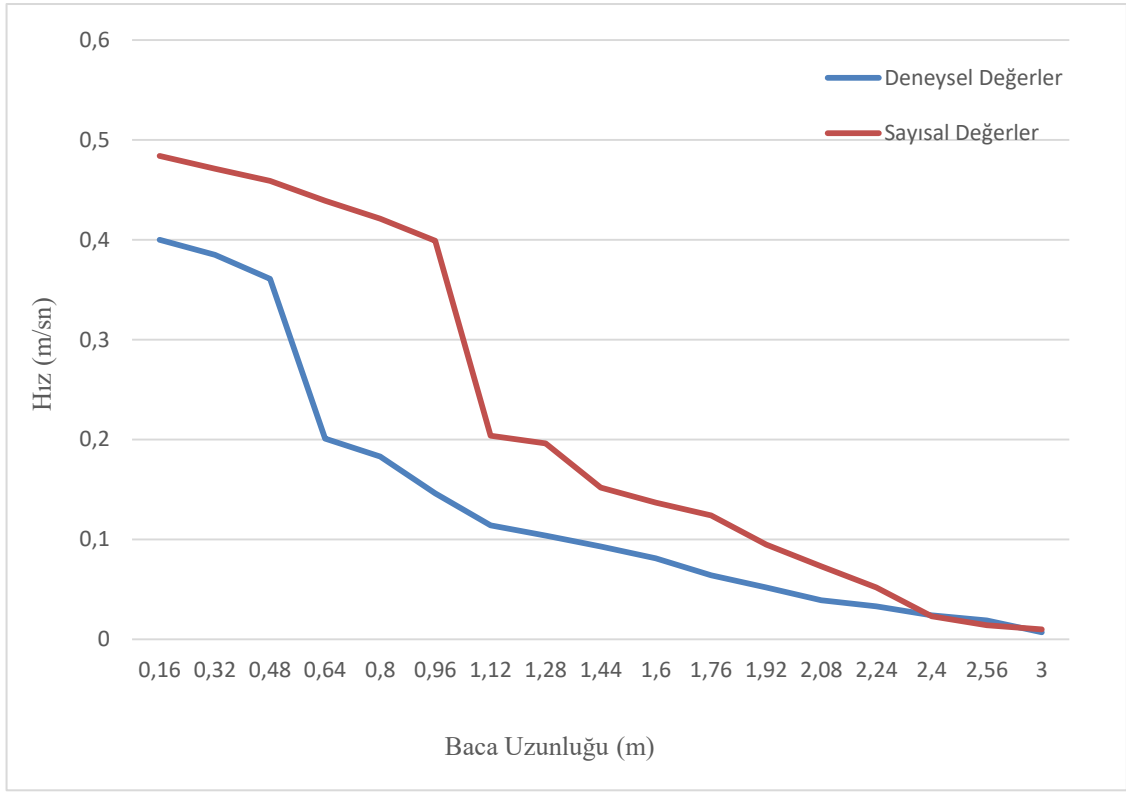
Şekil 4.10. Dikdörtgen şeklindeki baca içerisinde geçen partiküllerin basınç grafiği

Şekil 4.11’de dikdörtgen şeklindeki bacanın içerisinde geçen partiküllerin hız görüntüsü gösterilmiştir. Bu değerler gözlemlendiğinde dikdörtgen baca içerisindeki partiküllerin baca çıkışına doğru hız değerlerinin azaldığı tespit edilmiştir. Ayrıca sayısal veriler ile deneysel veriler karşılaştırılarak elde edilen değerlerin birbirine yakın olduğu gözlemlenmiştir. Bacadan atmosfere salınan partiküllerin basınç değerlerinin sıfır olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 4.11. Dikdörtgen şeklindeki baca içerisinde geçen partiküllerin hız görüntüsü

Şekil 4.12’de dikdörtgen şeklindeki baca içerisinde geçen partiküllerin hız işlemi yapılmıştır. Bacanın çıkışına doğru deneysel değerler ile sayısal değerlerin hız değerlerinin sürekli olarak azaldığı analiz edilmiştir. Ayrıca sayısal veriler ile deneysel veriler karşılaştırılarak elde edilen değerlerin birbirine yakın olduğu gözlemlenmiştir. Bu analizin grafik olarak gösterimi aşağıda gösterilmiştir.



Şekil 4.12. Dikdörtgen şeklindeki baca içerisinde geçen partiküllerin hız grafiği

Yukarıda yapılan değerlendirmelerde daire şeklindeki bacanın verimi, dikdörtgen şeklindeki bacanın veriminden daha yüksek olduğu Ashrae (1997) çalışmasıyla da benzerlik gösterdiği tespit edilmiştir.

5. SONUÇLAR

Hava kirliliğinin artmasında, hava kalitesinin çok az düşmesinden bile en çok bebekler, yaşlılar, hastalar etkilendiği düşünülerek bu çalışma yapıldı. Avrupa Birliği temiz hava yönetmeliğine göre iç ortamlarda teneffüs edilen havanın doğal ortam havası kadar sağlıklı olması gerekmektedir. Bu nedenle havanın kirlenmesine sebep olan emisyonlara ve bu emisyonların insan sağlığına, bitkilere ve diğer canlılara olan etkilerine ilişkin bilgi ve veriler toplanmalıdır. Bu veriler sayesinde güncel hava kalitesi verileri analizi yapılmaktadır. Gaz şeklindeki ve katı haldeki hava kirleticileri ortam havasında farklı hareket ederler. Gaz halindeki kirleticiler uzak mesafelere taşınabilirken, katı parçacıklar kaynağın yakınlarında yere veya başka yüzeylere çökerler. Kuru depozisyon, yağmur ve yıkama ile hava tekrar temizlenebilir. Gaz halindeki ve katı haldeki hava kirleticileri kimyasal olarak dönüştürülür. Bu çalışma da üç tür yakıt cinsi belirlendi; doğal gaz, odun birleşigi (% 60) ve linyit. Üç yakıtın yanmaları sonucu (konutlarda ısınma, endüstriyel tesislerde enerji olarak kullanılması neticesinde) bacadan atmosfere sıcaklık, O₂, CO₂, NO, NO_x, SO₂ analizlerini yapıldı. Analiz sonucunda yanma verimi hesaplandı. Yanma veriminin en yüksek olduğu yakıt tipinin doğal gaz olduğu sonucuna yapılan çalışmalar neticesinde ulaşıldı. Bu yüzden doğal gazın kullanımının yaygınlaştırılması gerekmektedir.

Baca gazı ölçüm sonuçları ile;

- Doğal gaz kullanılan bir konutta bacadan atmosfere baca gazı ölçüm cihazı ile yapılan ölçümler sonucunda atmosfere salınan partiküller; CO: 0,5 ppm, NO: 2,3 ppm, O₂: 8,76 ppm, CO₂: 1,82, Seyretilik CO: 0,5 ppm'dir.
- Linyit kullanılan bir konutta bacadan atmosfere baca gazı ölçüm cihazı ile yapılan ölçümler sonucunda ortalama olarak atmosfere salınan partiküller; CO: 5,12 ppm, NO: 8,21 ppm, O₂: 4,14 ppm, CO₂: 2,57, Seyretilik CO: 1,12 ppm'dir.
- Odun birleşigi (% 60) kullanılan bir konutta bacadan atmosfere baca gazı ölçüm cihazı ile yapılan ölçümler sonucunda ortalama olarak atmosfere salınan partiküller; CO: 10,9 ppm, NO: 11,3 ppm, O₂: 0,95 ppm, CO₂: 3,7, Seyretilik CO: 1,9 ppm'dir.

Türkiye Cumhuriyeti Resmi Gazetesi, (2009) yılında yayınlanan değerler; CO: 500 kg/saat, SO₂: 60 kg/saat, NO_x (NO₂ cinsinden): 40 kg/saat, NO: 30 kg/saat, O₂: 20 kg/saat, Seyreltik CO: 600 kg/saat'tir bu değerlere göre düşük olduğu tespit edilmiştir. Ashrae (1997) ve Kırmacı, H., (2019) değerlerine göre yüksek olduğu tespit edilmiştir. Yayınlanan bu değerler ile doğalgaz kullanımının daha sağlıklı olduğu görülmüştür. Bu çalışma neticesinde linyit, odun birleşigi (%60) ve doğalgaz yakıt türlerinde alınan sonuçlar yukarıda belirtilen değerler ile mukayese edildiğinde doğal gazın, odun birleşigi (%60), linyit yakıtlarına oran ile çok daha verimli bir yakıt olduğu tespit edildi.

Kullanılacak baca çeşitleri olarak dairesel tip olan bacanın verimi %85,1 dikdörtgen tip baca tipinin verimi ise; %30,9 olduğu yapılan çalışmalar sonucunda tespit edildi. Ashrae (1997) değerlerine göre yaklaşık benzerlik gösterdiği görülmüştür. Verim mukayesesi neticesinde baca tipi olarak konut, sanayide dairesel baca tipinin kullanılması verim açısından daha avantajlıdır.

Yanma verim hesaplamasında yakıt türü olarak linyit'te %54,52, odun birleşigi (%60)'da %30,9, doğalgaz da 85,1 olduğu tespit edilmiştir. Yanma verim mukayesesinde yakıt tipi olarak doğalgazın kullanılması daha avantajlıdır.

Bacalarda verimin yüksek değerlerde tutulabilmesi için büyük tesislerde (sanayi gibi endüstriyel koşullarda) sürekli, küçük tesislerde ve konutlarda periyodik olarak baca gazı analizörü kullanma alışkanlığı kazanılmalı, yıllık ortalama verimde kayba uğramamak için, duruş zamanlarının neden olduğu iç soğuma kayıplarının önlenmesi maksadıyla, kazan ve brülör kapasitesinin, baca kesitinin tayininde dikkatli olunmalı, mümkün mertebe iki kademeli ve modülasyonlu brülörler tercih edilmeli, kazan suyu sıcaklığı gereğinden yüksek tutulmamalı, mutlaka tam sızdırmaz kazanlar kullanılmalı, sızdırmazlığın garanti edilmediği kazanlarda otomatik baca kapama düzeneği kullanımı düşünülmelidir.

Yakıt veriminin yüksek olması ve bacadan salınan zararlı partiküllerin en az olması, solunan havanın daha kaliteli olması açısından yakıt cinsi olarak doğalgaz kullanılması yapılan bu çalışma sonucunda tespit edilmiştir.

KAYNAKLAR

- Anonim, 2014, http://www.dogalgaz.com.tr/yayin/161/testo-baca-gazi-analizinde-olcum-parametreleri_4951.html#.XFhuslwzbIV.
- Ashrae Handbook of Fundamentals, 1993, American Society of Heating: *Refrigerating and Airconditioning Engineers*, Atlanta, GA.
- Ashrae, 1994, *Trans*, 100 (1): 1011–23.
- Ashrae, 1997, Fundamentals, Kanal Tasarımı, Çeviren: O. Genceli, *TTMD*, 2000, Teknik Yayınlar: 2.
- Ashrae, 1997, Fundamentals, Konutlarda Soğutma ve Isıtma Yüğü Hesapları, Çeviren: T. Derbentli, *TTMD*, 1997, Teknik Yayınlar: 2.
- Bayram, A., 2012, Emisyon Ölçümlerinin Planlanması, *Dokuz Eylül Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü*, İzmir.
- Belosevic, S., Paprika M., Komatina M., Stevanovic Z., Mladenovic R., Oka N., Dakic D., 2005, Experimental and numerical investigation of heat exchanger built in solid fuel household furnace of an original concept, *Energy and Buildings*, 37, 325-331.
- Bıçakcı, K., 1995, Doğal Gazlı Isıtma Sistemlerinde Kazan ve Brülör Uyumunun Yanma Üzerindeki Etkisi, *Doğal Gaz Dergisi*, 1995, Sayı: 32, 1995.
- Brandi, O. H., 1972, Hava Kanalları Hesabı ve Konstrüksiyonu, *Fon Matbaası*.
- Burganakov, U., 2019, Bışkek Şehrinin Hava Kalitesinin Alansal ve Zamansal Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Erzurum, 2.
- Champier, D., Bedecarrats J.P., Kousksou T., Rivaletto M., Strub F., Pignolet P., 2011, *Study of a TE generator incorporated in a multifunction woodstove*, *Energy*, 36, 1518-1526.
- Champier, D., Bedecarrats J.P., Rivaletto M., Strub F., 2010, *Thermo electric power generation from biomass cook stoves*, *Energy*, 35, 935-942.
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, ÇED ve İzin Şube Müdürlüğü, 2018, <https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/icerikler/son-batman-ili-2017-cevre-durum-raporu.-20180803091119.pdf> [Ziyaret Tarihi: 10 Ocak 2019].
- Dann, R., 1984, Domestic heating systems and controls for condensing boilers. *Heat Ventilator Engr*, 1984 58 (668): 1–14.
- Duman, C., 2017, Bursa Kenti'nin Hava Kalitesini Etkileyen Coğrafi Faktörler ve Kirleticilerin Zaman İçerisindeki Değişimi, Yüksek Lisans, *Sosyal Bilimler Enstitüsü*, İstanbul, 7-8.
- Durmaz, A., Boran A., Ercan Y., 1995, Konutların daha yüksek ısı verim ve daha düşük emisyonlu yeni sobalar ile ısıtılması, *II. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongre ve Sergisi*.

- EGO, 2000, Doğalgaz Tesisat Yönetmeliği ve Teknik Şartnamesi, <http://www.mmoteskon.org/wp-content/uploads/teskonkitaplar/teskon2007/teskon2007-Dogalgaz.pdf> [Ziyaret Tarihi: 10 Aralık 2017].
- EIA, 2002, U.S., Energy Information Administration, Keeping Our Homes Warm, Changes in Residential Heating, http://www.eia.gov/energyexplained/index.cfm?page=us_energy_homes [Ziyaret Tarihi: 01 Aralık 2017].
- E. L. Keating, 1993, Applied Combustion, *Marcel Dekker Inc.*, 1993, USA.
- Esen Ölçüm, 1995, http://www.esenolcum.com/baca_gazi_emisyon_olcumu.html?enust=304 [Ziyaret Tarihi: 02 Aralık 2017].
- Field, A. A., 1974, *Heat in flue gases*, 46 (11): 85–7.
- Ghali, K., Ghaddar N., Salam M., 2005, Radiant domestic combustion stove system: Experimental and simulated study of energy use and thermal comfort, *International Journal of Green Energy*, 2, 287-306.
- Gordon, J. S., 1983, *Heat recovery with condensing heat exchangers*, *Am Dyest Rep*, 10:23–4.
- Gradana, E., Patino D., Collazo J., Moran J.C., Porteiro J., 2009, Available exhaust gas power in different configurations in a pellet stove plant, *Renewable Energy*, 34, 2852-59.
- Hacıoğlu, H. İ., 2015, Kütahya Bölgesinde Hava Kalitesi İzleme İstasyonları İçin Yer Seçimi ve İstasyonlarda Ölçülen Kirleticilerin Zamansal Değişimleri, Yüksek Lisans, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, 1.
- Karadavut, D., 2010, Emisyon Ölçüm Kuralları ve Emisyon Ölçüm Programı, *Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü*, 2010.
- Kartal, E., 2000, Isı Geri Kazanım Sistemleri, Seminer Notları, *TTMD*, 2000.
- Kausley, S.B., Pandit A.B., 2010, *Modelling of solid fuel stoves*, *Fuel*, 89, 782-791.
- Kemaldere, N., 2015, Karabük'te Doğalgaz Kullanımının Hava Kalitesi Üzerine Etkisinin Araştırılması, Yüksek Lisans, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, 1.
- Kırmacı, H., 2019, Hava Kalitesinin Analizi ve Modellemesi, Yüksek Lisans, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kahramanmaraş, 36-56.
- Lertsatitthanakorn combined biomass cookstove thermoelectric (BITE) generator, *Bioresource Technology*, C., 2007, Electrical performance analysis and economic evaluation of 98, 167078.
- Marmara Çevre, 2015, Emisyon (baca gazı) ölçümleri, <http://www.marcev.com/s-emisyon-baca-gazi-olcumleri-10.html> [Ziyaret Tarihi: 18 Aralık 2017].

- Massey, D., Kulshrestha A., Masih J., Taneja A., 2012, Seasonaltrends of PM10, PM5, PM2.5&PM1 in indoor and outdoorenvironments of residentialhomeslocated in North-Central India, *Building and Environment*, 47, 223-231.
- Mehdiyev, 2009, Yüksek Süratli Kayıcı Bir Teknenin Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği Yöntemi ile Form Optimizasyonu, Yüksek Lisans, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 12-13.
- MMO, 1989, Kalorifer Tesisatı Proje Hazırlama Teknik Esasları, *MMO*, *Yayın No: 84*.
- Moran, J.C., Granada E., Porteiro J., Miguez J.L., 2004, Experimentalmodelling of a pilot lingocellulosicpelletsstoveplant, *Biomass and Bioenergy*, 27, 577-83.
- Noir, D., Houllman N., 1982, European technology in condensing flue-gas systems, *In: Symposium on Condensing Heat Exchangers Proceedings, vol. II*, Atlanta, GA. p. 10-1–10-15.
- O. Aydin, Y. E. Boke, 2009, *Experimental and numerical modeling of the effect of solid surface on NO_x emission in the combustion chamber of a water heater*, doi: 10.1016/j.compfluid. 2009.11.003.
- Olesen, BW., 1994, Comparative experimental study of performance of radiant floor heating systems and a wall panel heating system under dynamic conditions.
- Olgun, Soner, 2010, Partikül Madde (Toz) Tayini, *Çevre ve Orman Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü Ölçüm ve İzleme Daire Başkanlığı*, Kastamonu.
- Pickup, G., 1983, *Innovation in home heating*, *Gas Eng Mgmt* 23 (5): 171–8.
- Ruston, MJ., 1985, New directions in energy technology, *In: Proceedings of the 7th World Energy Engineering Congress*, p. 121–9.
- Shook, JR., 1991, *Recover heat from flue gas*. *Chem Eng Progr*, 87 (6): 49–54.
- S. R. Turns, 2000, *An Introduction to Combustion*, *McGraw-Hill, Inc.*, 2000, New York.
- Streatfield, L., 1984, Are condensing boilers the correct choice for domestic heating systems, *Heat Ventilat Engr*. 58 (673): 5–6.
- Svedberg, G., 1986, Advanced heat recovery from flue gases. *Fernwaerme Int*, 15 (3): 128–32.
- T.C. Resmi Gazetesi, 2008, www.mevzuat.gov.tr/Metin.aspx?MevzuatKod=7.5.12188 [Ziyaret Tarihi: 01.08.2019].
- T.C. Resmi Gazetesi, 2009, www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2014/12/20141220-2-1.docx [Ziyaret Tarihi: 01.01.2018].

- Teslo, U.S., 2000 <http://www.testo.com.tr/urundetaylari/0632+3340/testo-340-Endustride-emisyon-olcumleri-icin-baca-gazi-analizoru> [Ziyaret Tarihi: 18 Ocak 2017].
- Topal, H., 2000, Evsel ısıtmadan kaynaklanan SO₂ emisyonunun azaltılmasında kireç ve kireç melas karışımının kullanılması, *Gazi Üniversitesi Müh. Mim. Fak. Dergisi*, 2000 Ankara, 15, 1, 15-29.
- Tunç, M., 2013, Türkiye’deki elektrikli ark ocaklarından kaynaklanan baca gazı tozlarının yönetim ve geri kazanım seçenekleri, *Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mühendislik Ve Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kocaeli, 32-51.
- TS EN 676, 2006, *Brülörler-Otomatik üflemeli-Gaz yakıtlar için*, TSE, 2006, 676.
- Türk Çevre Mevzuatı, Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği, *Resmi Gazete*, 19269, 1986.
- Varol, Y. 1991, Rejeneratif Isı Değiştirgeçleri Yardımıyla Enerji Geri Kazanımı, Yüksek Lisans Tezi, *Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Elazığ.
- Y. A. Çengel, M. A. Boles, 1996, *Mühendislik Yaklaşımıyla Termodinamik*, 1996, Çev. T. Derbentli, McGraw – Hill.
- Y. E. Boke, O. Aydın, 1878-1884, *Effect of the radiation surface on temperature and NO_x emission in a gas fired furnace*, Fuel 88, 2009.
- Willems, D. 2006, Advanced System Controls and Energy Savings for Industrial Boilers, *Transactions of the Citrus Engineering Conference*, Florida, vol. 52, p. 11- 22.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Özkan ASLAN
Uyruğu : T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi : Diyarbakır-14.03.1986
Telefon : 0 (538) 453 08 77
Faks :
e-mail : ozkan.aslan21@gmail.com

EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	: Namık Kemal Lisesi, Bağlar, Diyarbakır	2005
Üniversite	: Dicle Üniversitesi, Suriçi, Diyarbakır	2012
Yüksek Lisans	: Batman Üniversitesi, Batı Raman, Batman	2019
Doktora	:	

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2014-2017	Ayvaz A.Ş.	Bölge Satış Mühendisi
2017-2018	E.C.A. Emas Mak. San. A.Ş.	Bölge Satış Mühendisi

UZMANLIK ALANI

Makine Mühendisi, Enerji

YABANCI DİLLER

İngilizce

BELİRTMEK İSTEĞİNİZ DİĞER ÖZELLİKLER

Akademik kariyer yolunda başarılı çalışmalar ve emin adımlar ile Batman Üniversitemize faydalar sağlayacak başarılı çalışmalar yaparak katkılar sağlamak.

YAYINLAR