

ÇELİK BACALARIN TASARIMI VE OLUŞABİLECEK
PROBLEMLERİN ÇÖZÜMLERİ

Y. A. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMENTASYON MERKEZİ

107432

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mak. Müh. Ergün GÖK

(Enstitü No: 503911088)

101432

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 25 Eylül 2001

Tezin Savunulduğu Tarih : 19 Ekim 2001

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Murat TUNÇ

Diğer Jüri Üyeleri Prof. Dr. Ahmet ARISOY

Prof. Dr. Osman F. GENÇELİ

Murat Tunç
Ahmet Arısoy
Osman F. Gençeli
19 Ekim 2001

EYLÜL 2001

ÖNSÖZ

Türkiye’de güncel olan bu konuda problemlerin çözülmesine yönelik bilimsel yaklaşan Türkçe bir kaynağın oluşturulmasında yardımlarını esirgemeyen ve beni yönlendiren tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Murat TUNÇ’ a öncelikle teşekkür ederim.

Çalışmalarımın derlenmesinde yardımcı olan Sn Serkan ATAĞ ve Sn Mustafa ALTUN’a da ayrıca teşekkür ederim.

Eylül 2001

Ergün GÖK



İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
TABLO LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	vii
SEMBOL LİSTESİ	x
ÖZET	xii
SUMMARY	xiii
1. GİRİŞ	1
1.1 Giriş Ve Çalışmanın Amacı	1
1.2 Gerekli Bilgiler	2
1.2.1 Yanma	3
1.2.2 Kondens	3
1.2.3 Yanma ürünleri	5
1.2.4 Baca kusması	5
1.2.5 Doğal çekiş ve basınç	6
1.2.6 Bacadan ısı kayıpları	7
2. TARİFLER VE TASARIMDA DİKKAT EDİLECEK HUSUSLAR	9
2.1 Binaların Etrafında Hava Akışı	9
2.1.1 Geri dönüş ve yüksek türbülans bölgeleri	9
2.1.2 Egzoz bacası tasarımı	12
2.2. Malzeme Seçimi	16
2.3 Atık Gazların Atılma Hızı ve Gerekli Yükseklikler	19
2.3.1 Giriş	19
2.3.2 Küçük tesislerde asgari baca yüksekliği	19
2.3.3 Orta boy tesislerde asgari baca yüksekliği	20
2.3.4 Büyük tesislerde asgari baca yüksekliği	20
2.3.5 Dumanın atılma hızı	22
2.4 Duman Gazındaki Su Buharı ve Çiğ Noktası	22
2.5 Tasarımda Dikkat Edilecek Noktalar	25
2.5.1 Neden bir bacaya ihtiyacımız var?	25
2.5.2 Kaç tip baca vardır?	26
2.5.3 Kim projelendirmelidir?	26
2.5.4 Öncelikle hangi kararlar gereklidir?	26

3. BACA ÇAPININ DIN 4705'e GÖRE HESABI	28
3.1 Hesaplar İçin Ana Değerler	28
3.2 Hesaplamalar	29
3.2.1. Atık gaz debisi	29
3.2.2. Geçici kesitin hesaplanması	31
3.2.3. Bacadaki ortalama atık gaz hızı	31
3.2.4. Isı geçiş katsayısı	32
3.2.5. Soğutma sayısı	34
3.2.6. Atık gazın ortalama sıcaklığı	34
3.2.7. Atık gazın ortalama yoğunluğu	34
3.2.8. Atık gazın ortalama hızı	34
3.2.9. Atık gaz kanalı statik basıncı	34
3.2.10 Sürtünme sayısı	35
3.2.11 Duman kanalı direnç hesabı - şekil sürtünme basıncı	35
3.2.12 Bacaya girişte gerekli atmosfer altı basınç	36
3.2.13 Atık gazın statik basıncı	36
3.2.14 Baca direnç hesabı ve sürtünme basıncı	37
3.2.15 Baca girişte gerekli atmosfer altı basınç	37
4. UYGULAMALARDAKİ BACA SORUNLARI VE BACA ELEMANLARI	38
4.1 Çekiş Zayıflığı – Fanlar	39
4.1.1. Rüzgar fanları (döner şapkalar)	39
4.1.2. Motorlu fanlar	40
4.2 Çekiş Fazlalığı - Sekonder Hava Klapesi	42
4.2.1. Seçme ve büyüklük tayini	44
4.2.2. Fazla basınçlı işletimler için atık gaz tesisatları	47
4.2.3. Çekiş ihtiyacının ayarlanması	48
4.2.4. Tesisatın işletmesi için bilgi	49
4.3 Bacadan Kaynaklanan Isı Kayıpları - Baca Kapama Klapesi	49
4.3.1. Termik klapeler	50
4.3.2. Motorlu klapeler	50
4.4 Bacadan Isı Kayıpları – Ekonomizör	51
4.4.1. Kazanlarda atık gazın sebep olduğu randıman kayıpları	53
4.4.2. Bacadaki atık gaz kayıplarını azaltma çareleri	53
4.5 Tam Yanmanın Oluşması ve Enerji Kaybı – Otomasyon	57
4.5.1. Modern ölçüm,kumanda ve ayar tekniği	57
4.5.2. Yanma havasının hız kontrolü ve egzoz sirkülasyon fanı	60
4.5.3. Ölçme probu ile optimizasyon	62

4.6 Baca İçinde Yoğuşma - Taze Hava Sağlayıcıları	68
4.7 Gürültü – Susturucular	71
4.8 Çoklu Kazan Bağlantısı – Genleşme	76
4.9 Genleşme – Kompansatörler	77
4.9.1. Kompansatörün yapısı	78
4.9.2. Mesnetler	79
4.10 Hava kirliliği – Filtre	82
4.10.1 Arıtma sistemlerinin çeşitleri ve seçimi	82
4.10.2 Uygulamalar	87
4.10.3 Katı partiküller için cihaz seçimi	88
4.10.4 Gaz ve buharların kontrolü	90
4.10.5 Kükürt oksitlerin kontrolü ve arıtılması	94
4.10.6 No _x kontrolü	97
4.10.7 Arıtma sistemlerinin çeşitleri ve seçimi	99
5. UYGULAMA ÖRNEĞİ VE HESAPLARI	100
5.1 Problemin Tanımı	100
5.1.1 Proje verileri	100
5.2 Baca Çekışı Kontrolü	101
5.2.1 Çekiş hesabının yapılması	103
5.3 Susturucunun Hesaplanması	105
5.4 Kompansatör Hesaplanması	106
5.5 Ekonomizörün Hesaplanması	106
6. SONUÇ	107
KAYNAKLAR	108
EKLER	110
ÖZGEÇMİŞ	116

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1.1 Yanma havası ve çıkış sıcaklığına bağlı oluşan yanma ürünleri.....	5
Tablo 2.1 Baca yapımında kullanılması gereken paslanmaz çelik malzemelerin içeriği.....	18
Tablo 2.2 Baca malzemesi için paslanmaz seçimi.....	19
Tablo 2.3 S Emisyon faktörü değerleri.....	21
Tablo 3.1 Pratikte alınan dış hava basınç değerleri.....	28
Tablo 3.2 TS4040 ve TS4041' e uygun kazanlar için değerler.....	30
Tablo 3.3 Yağ yakıt ve gaz brülörlerinde $\sigma(\text{CO}_2)$ in tayini için f_{x1} , f_{x2} , f_{x3} değerleri.....	30
Tablo 3.4 Brülör cinsine göre pratik P_w değerleri.....	36
Tablo 4.1 Çekiş sınırlayıcıların sınırlandırılması.....	46
Tablo 4.2 Otomasyonun yakıt cinslerine etki büyüklükleri.....	64
Tablo 4.3 Otomasyonun yakıt cinslerindeki tasarrufları.....	65
Tablo 4.4 Uygulama alanlarına göre kontrol araçları.....	89
Tablo 4.5 Adsorbentlerin özellikleri.....	91

ŞEKİL LİSTESİ

		<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1	:Hava –atık gaz sirkülasyon dengesi.....	2
Şekil 1.2	:Bacada ve iç yüzeyde ısı sirkülasyonu.....	3
Şekil 1.3	:CO ₂ yüzdesine bağlı olarak çığ noktası sıcaklığının tespiti.....	4
Şekil 1.4	:SO _x yüzdesine bağlı olarak çığ noktası sıcaklığının tespiti.....	4
Şekil 1.5	:Bacadaki basınç ilişkileri.....	6
Şekil 1.6	:Bacalardaki basınç ve sıcaklık ilişkileri.....	7
Şekil 1.7	:Kazanlardaki atıkgaz kaybı değerinin 1972’den itibaren değişimi.....	7
Şekil 1.8	:CO ₂ miktarı,baca gazı sıcaklığı ve baca kaybı arasındaki ilişki.....	8
Şekil 2.1	:Dikdörtgen bir bina etrafındaki hava akışı modeli.....	9
Şekil 2.2	:Yüzeysel akış modelleri ve bina boyutları.....	10
Şekil 2.3	:Akış geri dönüş bölgeleri ve egzoz ve emme ağızları arasındaki uzaklıklar.....	10
Şekil 2.4	:Düşey çıkış ve yağmur koruması sağlayan baca tasarımları.....	13
Şekil 2.5	:Baca izi arka kısmının etken baca yüksekliğini azaltması.	15
Şekil 2.6	:Kirlenmelerden korunmak için gerekli baca yüksekliğinin tasarım esasları.....	16
Şekil 2.7	:Baca yüksekliğinin belirlenmesi için abak.....	21
Şekil 2.8	:20 ve 120 m arasındaki baca yüksekliği ve 3,6 m/s lik rüzgar hızındaki tozların uçuş mesafeleri.....	23
Şekil 2.9	:Duman gazı içindeki su buharı yüzdesi ile çığ noktası sıcaklığının değişimi.....	24
Şekil 2.10	:Endüstriyel yakacıklardan çıkan duman gazındaki çığ noktası sıcaklıklarının bulunuşu.....	25
Şekil 2.11	:Çığ noktası sıcaklığına, kükürt oksitlerin etkisi.....	25
Şekil 3.1	:Yakıt cinsine göre kazanların akma basıncının bulunması.....	31
Şekil 3.2	:Atık gaz miktarının bulunması.....	32
Şekil 3.3	:Geçici kesitin bulunması.....	32
Şekil 3.4	:Tek cidarlı bacalarda ısı geçirgenlik katsayısının bulunması.....	33

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 3.5 : İzolasyonlu bacalarda ısı geçirgenlik katsayısının bulunması.....	33
Şekil 3.6 : Çapa göre sürtünme sayısının değişimi.....	35
Şekil 3.7 : Baca Sistemlerinde kullanılan elemanların dirençleri.....	36
Şekil 4.1 : Baca sistemlerinde uygulanan baca elemanları.....	38
Şekil 4.2 : Şömine fanı.....	40
Şekil 4.3 : Doğal gaz ve sıvı yakıtlı sistemler için fan.....	40
Şekil 4.4 : Tekli kazanda fan uygulaması.....	40
Şekil 4.5 : Çoklu kazanda fan uygulaması.....	40
Şekil 4.6 : Fanlı Ocak ve bacalarda basınç değişimleri.....	41
Şekil 4.7 : Çekiş sınırlayıcılar için seçme diyagramı.....	45
Şekil 4.8 : İlave hava tertibatının montaj olanakları.....	46
Şekil 4.9 : Büyük tesisatlar için çekiş sınırlayıcıya örnek.....	47
Şekil 4.10 : Mecburi kumandalı ilave hava tertibatı ZDM 180.....	48
Şekil 4.11 : Isıtılmayan kazan dairelerinde atmosferik brülörlü kazanlara motorlu klape montajı.....	51
Şekil 4.12 : Isıtılan kazan dairelerinde atmosferik brülörlü kazanlara motorlu klape montajı.....	51
Şekil 4.13 : Fanlı brülörlü kazanlarda motorlu klape montajı.....	51
Şekil 4.14 : Ekonomizör.....	53
Şekil 4.15 : Hava fazlalık katsayısı ve oksijenin yıl boyunca değişimi.....	58
Şekil 4.16 : Baca gazında ölçülen oksijen eğrisi.....	58
Şekil 4.17 : Brülöre gelen havanın yetersizliğinin atık gaz kaybına etkisi.....	58
Şekil 4.18 : Yakıt hava karışımının otomatik ayarlanması şeması...	60
Şekil 4.19 : Gecikme, enerji kaybı ve basınç kaybı arasındaki ilişki.....	60
Şekil 4.20 : Vantilatörün hızını ayarlayarak oluşturulan çalışma alanı.....	61
Şekil 4.21 : Klape ayarı ve hız regülasyonunda fanın güç tüketimi...	61
Şekil 4.22 : Klape ayarı ve hız regülasyonu arasındaki fark.....	61
Şekil 4.23 : Hava basıncının ve yanma havası sıcaklığının değişimlerinin atık gaz üzerindeki etkisi ve oluşan yanma kalitesi.....	62
Şekil 4.24 : Artık oksijen miktarının verim eğrisi ve zararlı madde emisyonu üzerindeki etkisi.....	66
Şekil 4.25 : Kısmi basınç ilişkileri.....	67
Şekil 4.26 : Yakıt hava karışımı duman sondesindeki zararlı madde etkisi.....	67

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 4.27 : 100.000 gaz yakıtlı yanma birimindeki yoğunlaşma problemlerinin çözüm yüzdeleri.....	69
Şekil 4.28 : Motorlu ilave hava sağlayıcısı.....	70
Şekil 4.29 : Tek genişleme odalı bir susturucu şeması.....	71
Şekil 4.30 : Tek genişleme odalı susturucuların sağladığı ses iletim kaybının kL ile değişimi.....	73
Şekil 4.31 : İmalatları yapılan susturuculara ait diyagramlar.....	75
Şekil 4.32 : Üç kazanın bağlantısı.....	77
Şekil 4.33 : Laynerli kompensatör.....	79
Şekil 4.34 : Ana ve kayar mesnetler.....	80
Şekil 4.35 : Klavuzların önemi.....	80
Şekil 4.36 : Kompensatörün mesnetlere göre yerleşimi.....	80
Şekil 4.37 : Bir uygulama örneği.....	80
Şekil 4.38 : Ön gerilme verilerek yapılan flanşlı bağlantı.....	81
Şekil 4.39 : Çöktürme odalı sistem.....	83
Şekil 4.40 : Siklonlar.....	84
Şekil 4.41 : Sprey tip yıkayıcı sistem.....	84
Şekil 4.42 : Siklon tip yıkayıcı sistem.....	84
Şekil 4.43 : Ventür tip yıkayıcı sistem.....	85
Şekil 4.44 : Elyaf filtreli sistem.....	85
Şekil 4.45 : Ters akımlı dolgulu kolon malzeme tipleri.....	93
Şekil 4.46 : Kireçle yıkama uygulama örneği.....	96
Şekil 5.1 : Kazan dairesindeki baca elemanları yerleşim planı.....	102
Şekil 5.2 : Çalışma eğrisi.....	105
Şekil A.1 : Baca sisteminde kullanılan elemanlar.....	110
Şekil B.1 : Maksimal statik montaj yükseklikleri ve mesafeleri.....	114
Şekil C.1 : Baca çapı seçim diyagramı.....	115

SEMBOL LİSTESİ

A	: Sıcaklığa bağlı katsayı
A'	: Geçici kesit
b_a	: Yılda kazanın tam kullanma saati
B_s, B_L	: Binanın genişliğinin ve yüksekliğinin küçük olan değeri ile büyük olan değeri
B_N, B_B	: Ekonomizörsüz ve ekonomizör kullanıldığında yıllık yakıt tüketimi
C_p	: Atık gaz özgül ısısı
D_H, D_{HV}	: Baca iç çapı veya baca kesiti alanı eşdeğer çapı
ΔL	: Bacanın toplam genleşme miktarı
ΔT	: Sıcaklık farkı ($T_w - T_L$)
f	: Frekans
g	: Yer çekimi ivmesi
G	: Ön gerilme
h_d	: Baca yüksekliğinden aşağı doğru çıkarılan düzeltme
h_r	: Şapkasız düşey egzoz jetinden çıkan duman gazı yüksekliği
h_s	: Çatı üstünde akışa engel olucu elemanlar veya hacimlerin yukarıdaki etkin egzoz bacası yüksekliği
h_{sc}	: Emme ağzında aşırı kirleticilerden sakınmak için gerekli olan şapkalı baca yüksekliği
H_C	: Geri dönüş bölgesinin maksimum yüksekliği
H_B, H_V	: Etkin baca ve bağlantı borusu yüksekliği
HL	: Baca uzunluğu (H veya L)
H_u	: Alt ısı değer
η_w	: Kazan verimi
k	: Dalga boyu sayısı
K_b	: Isı geçiş katsayısı
KL	: Kompansatör boyu
K_s	: Soğutma Sayısı
L_C, L_r	: Geri dönüşlerin akımla tekrar birleşme uzaklıkları
L_s	: Susturucunun boyu
L_v	: Duman kanalı uzunluğu
λ	: Hava fazlalık katsayısı
λ_f	: Söz konusu frekansın dalga boyu
$\underline{m}$	: Susturucuda kesit düşüşü
m	: Atık gaz miktarı
P_C	: Duman gazındaki CO_2 yüzdesi
P_E, P_{EV}	: Bacada ve duman kanalındaki şekil sürtünme basıncı
P_{FV}	: Duman kanalı için gerekli akma basıncı
P_H, P_{HV}	: Bacada ve duman kanalındaki statik basıncı
P_{Lo}	: Deniz seviyesindeki dış hava basıncı
P_R, P_{RV}	: Baca ve duman kanalı direnç basıncı

P_w, P_L	: Isı kaynağı ve emme havası için gerekli akma basıncı
P_{wv}	: Duman gazındaki su buharının hacimsel yüzdesi
P_z, P_{ze}	: Baca girişindeki vakum ve gerekli vakum
q_A	: Baca gazı kaybı
Q	: Emisyon kaynağından çıkan hava kirletici maddelerin kütleli debisi
Q_a	: Yıllık ısıtma işi
Q_N	: Kazan kapasitesi
R	: Çatı akış modeli için uzunluk ölçeği
R_L, R_G	: Hava ve atık gazın gaz sabiti
ρ_L, ρ_m	: Dış hava ve atık gazın yoğunluğu
S	: Baca yüksekliği belirlenmesinde kullanılan emisyon faktörü
S_1, S_2	: Susturucu giriş ve genişleme kısmının kesit alanı
Se	: Akış emniyet sayısı
$\sigma(CO_2)$	: Karbondioksitin hacimsel miktarı
T_{io}, T_{iob}	: Baca ağzında iç yüzey sıcaklıkları
T_i	: Montaj sıcaklığı
TL	: Ses iletim kaybı
T_{min}, T_{max}	: Minimum ve maksimum çalışma sıcaklığı
T_w, T_m	: Kazan çıkış ağzındaki ve ortalama atık gaz sıcaklığı
T_e, T_o	: Baca girişindeki ve ağzındaki atık gaz sıcaklığı
T_L	: Dış hava sıcaklığı
T_P	: Yoğuşma sıcaklığı (çığ noktası)
U	: Bacanın çevresi
U_H	: Rüzgar hızı
V_w	: Toplam su buharı hacmi
V_C	: Birim hacimdeki gaz yakacaktan çıkan CO_2 hacmi
w_m	: Atık gazın ortalama hızı
X_C	: Geri dönüş bölgesinin kenardan uzaklığı
ψ	: Sürtünme Sayısı
Z	: Jeodezik yükseklik
Z_1	: Çatı geri dönüş bölgesi
Z_2	: Yüksek türbülans bölgesi
Z_3	: Çatı iz sınırı
ζ	: Atık gaz kanalı elemanlarının direnci

ÇELİK BACALARIN TASARIMI VE OLUŞABİLECEK PROBLEMLERİN ÇÖZÜMLERİ

ÖZET

Baca, ısıtma sistemlerinde yakıtın yanması sonucunda açığa çıkan gazı, içerdiği zehirli bileşenlerin insanlara zarar vermesini engellemek için mümkün olduğu kadar yükseğe atar, bu görevini yaparken de yanmanın sağlanabilmesi için gerekli olan vakumu oluşturur. Bunun içinde tüm hesaplamalar üzerinde dikkatle durularak, ileride sorun yaratmayacak şekilde önceden yapılmalı, çözümler üretilerek uygulamalara geçilmelidir.

Bir bacada oluşabilecek sorunlar ; geri tepme, yoğunlaşma , aşırı çekiş veya tam yanmanın gerçekleşmemesi nedeniyle oluşan enerji kayıpları, ses problemleri, çevre de yarattığı kirlilik, hatalı projelendirme nedeniyle ısısal genleşmelerin alınamamasının neticesinde sistemde oluşan deformasyonlar vb... istenmeyen sonuçlardır.

Oluşabilecek problemleri projelendirme aşamasında tespit ederek brülör-kazan-baca sisteminin çok önemli bir halkası olan bacanın, üzerine düşen görevi en iyi şekilde yerine getirmesini sağlayabiliriz. Bu çalışma ile sistematik bir şekilde, projelendirmeden itibaren yaşanabilecek sorunları ve bunların çözümleri irdelenmiştir.

Bu çalışmanın içeriğinde yer alan, baca uygulamasını yapacak mühendisin takip edeceği unsurları sıralarsak;

- Paslanmaz çelik bacanın çap hesabı DIN 4705 'e göre yapılmalıdır.
- Paslanmaz çelik baca uygun malzemeden yapılmalıdır.
- İzolasyon malzemesi kullanılmalıdır.(kayayünü)
- Tam yanmanın sağlanması için çekiş ölçümleri yapılarak basıncın sabit tutulması için sekonder hava klapesi veya çekişin her şartta kontrol edilebilmesi için otomatik kontrollü bir fana ihtiyaç vardır.(Tam yanmanın olmaması asitlerin oluşumunu arttıracaktır.)
- Baca elemanlarının uygun kullanımı ile baca konstrüksiyonunun sağlıklı projelendirilmesi (Baca içerisinde pozitif basınç oluşturacak elemanların kullanılmaması, bacanın ısı genleşmeleri kompanze edebilmesi, kondenzasyon ve temizleme kapaklarının uygun yerleştirilmesi), sızdırmazlığın sağlanması (silikon kullanımı), baca yüksekliğinin hakim rüzgarlara göre hesap edilmesi, baca şapkasının ters rüzgarlara karşı direnç gösterecek şekilde dizayn edilmesi, kazan tipine göre uygun baca konstrüksiyonu (atmosferik brülörlü veya fanlı brülörlü), baca içerisinde vibrasyon, ses ve rezonansın oluşmamasının dikkate alınması.
- Kazan dairesinin havalandırmasının uygun yapılması.(Taze hava girişinin sağlanması, gerekirse fanlı havalandırma yapılması.)
- Kullanılan yakıtın yanmasından dolayı ortaya çıkan SO_x , NO_x , CO, kurum, toz, is gibi atık gazdaki zararlı bileşenlerin emisyon değerlerinin altında tutulmasını sağlayacak filtrelerin dizaynının yapılması gerekir.

DESIGN OF STEEL CHIMNEY AND POSSIBLE SOLUTIONS OF PROBLEMS

SUMMARY

Chimney chucks the gas as a result of combustion of the fuels in the heating systems and the components contained by this gas to the highest point in order to prevent it to damage the people, and forms the necessary vacuum for providing the combustion as well when performing this duty. All of the calculations have to be made in advance for not creating any trouble in the future painstakingly for this, and the solutions have to be produced and these have to be implemented accordingly.

The possible problems to take place in a chimney are the unexpected results such as deformations etc. occurring in the systems as a consequence of failure in taking the thermal expansion, backdraught, condensation, extreme draught, energy losses due to incomplete combustion, noise problems, environmental pollution, etc.

We then could enable the chimney to perform its duty in the best way which is one of the most important stages in boiler-burner-chimney system by determining the probable problems at the projecting phase. With this study, the problems that are likely to be experienced beginning from projecting and their prompt solutions are examined thoroughly in a systematic manner.

Let us list the elements to be followed by the engineer to fulfil the chimney application, taking part within the frame of this study;

- The diameter calculation of the stainless steel chimney have to be made according to DIN 4705.
- The stainless steel chimney have to be manufactured of the proper materials.
- Isolation material should be used (rockwool).
- There is a need a draught regulator for keeping the draught pressure stable or a fan for controlling the draught in all conditions, for ensure the complete combustion. (Any failure in the complete combustion will increase the formation of the acids.)
- Taking into consideration the important matters such as healthy projecting of the chimney construction by proper usage of the chimney elements (not using the elements to constitute positive pressure within the chimney, compensation of the chimney by the thermal expansions, proper establishment of the condensation and cleaning covers), providing the leakage resistance (using silicon), calculation of the chimney heights according to the ruling winds, design of the chimney-cap as resisting to the bad winds, the proper chimney construction for the boiler types (atmospheric boiler or fanned boiler), care for the formation of vibration, sound and resonance within the chimney.
- Proper ventilation of the boiler room (Providing the fresh air circulation, and if necessary, providing a fanned ventilation).
- It is also necessary to design the filters providing to keep the harmful components in the waste gases such as SO_x, NO_x, CO, soot, dust that coming out as a result of combustion of the fuels used under the emission values.

1.GİRİŞ

1.1 GİRİŞ VE ÇALIŞMANIN AMACI

Hızla gelişen ısıtma sektöründe firmalar en verimli, en ekonomik ve çevreci sistemler üretmek için kıyasıya mücadele içindedirler. Bunu sağlayabilmeleri için kazana bağlanan bacanın da büyük önemi vardır; atık gazın tam randımanlı olarak atmosfere atılması, kazanın içinde tam yanması olmasını sağlar. Aksi takdirde yakıtta tam yanma sağlanamaz ise kazanın verimi düşmekte, dolayısı ile yüksek yakıt masrafları ve atık gaz ile atmosfere atılan yanmamış maddelerle çevre kirlenmesi kaçınılmaz olmaktadır. Avrupa'da kazan üreticilerinin baca firmalarından beklentileri artmış, etkin bir baca hesabı, optimum konstrüksiyon ve bacanın çalışma performansını etkileyen ekipmanlar konusu önem kazanmıştır. Baca firmaları artan sorumlulukları karşısında ARGE çalışmalarına hız kazandırmış ve sürekli kendilerini değişen teknoloji içerisinde yenilemişlerdir.

Avrupa'daki bu gelişmeler yaşanırken ülkemizde bu konunun önemi artık kabullenilmiştir. Bacanın fonksiyonu; yanma ürünlerini çevreye zarar vermeden atmosfere atmak ve yanma için oksijen sağlamaktır. Fakat baca, sadece dumanı güvenli bir şekilde taşıyan bir araç değildir. Mükemmel bir ısıtma sisteminin olması için doğru kazanla doğru brülörün seçilmesinin yanında doğru baca konstrüksiyonunun yapılmasında büyük rol oynar.

Bacanın içinde yanıcı gazların çeşitli yoğunlukları ve bacanın dışındaki ortam havası arasında ısı farklığı olması çekişin olmasını gerçekleştirmektedir. Bunun sonucunda bacada bir alçak bir basınç oluşur. Bu alçak basıncın büyüklüğü ortam havası ve rüzgara bağlıdır.

Kazanların verimli çalışmaları yanında yangın ile yapı sağlamlılığı ve benzeri yönlerden bacanın ;

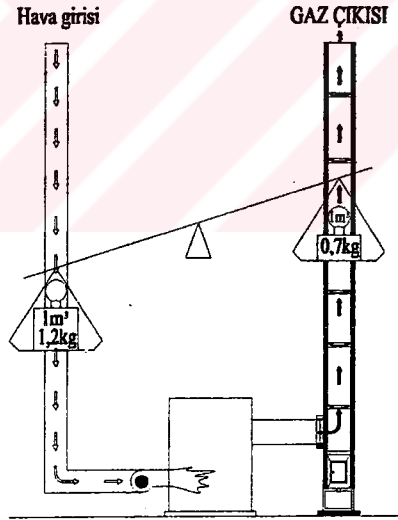
- Kesitin belirlenmesi,
- Yüksekliğinin belirlenmesi,
- Malzemesinin seçimi,
- Konstrüksiyonu çok önemlidir.

1.2. Gerekli Bilgiler

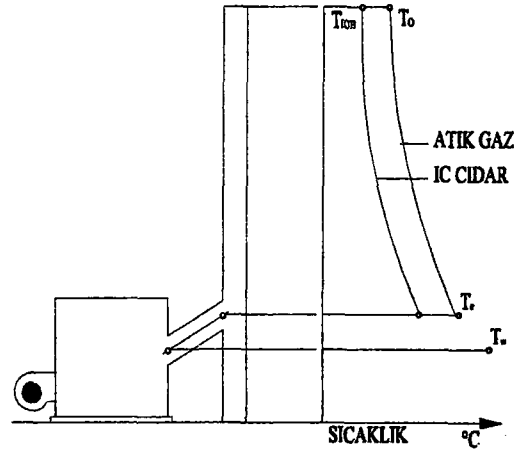
Sıcaklık farklılığından dolayı çekişi tanımlayabilirsek; yanma esnasında içeriye çekilen hava sayesinde atık gazların dışarıdaki havaya göre sıcaklıkları daha yüksektir. Bacada ve bağlantı elemanlarının artmasıyla atık gazların atılmasını etkileyen ve bacada , duman kanalında yada kazanda ve kazan dairesinde alçak basınç oluşturan bir çekiş gücü oluşturmaktadır.[1]

Hava ve atık gaz sirkülasyonunu dengesi ise; brülör , bacalar yanma havası ve atık gazın iletim işlemiyle birbirine bağlantılıdır. Yanma havası dışarıdan emilerek kazanda brülör üstünden yakıtla birlikte iletilmektedir. Yanmada oluşan atık gazlar ateşlikte, duman kanalında ve bacada ısı geçişi yaparak atmosfere atılmaktadır Şekil (1.1).[2]

Atık Gazın Soğuması; atık gaz ısı, duman borusu ve baca'dan geçerek düşer. Atık gazdaki ısı kayıpları şu kriterlere göre değiştirmektedir. Bacanın ısı yalıtımı - bacanın yüksekliği - baca iç yüzeyi - atık gazın debisine bağlıdır.



Şekil 1.1 Hava –atık gaz sirkülasyon dengesi



Şekil 1.2 Bacada ve İç Yüzeyde Isı Sirkülasyonu [4]

1.2.1-Yanma

Tam oksijen ile tam yanma ;



gerçekleşmekte ve ortaya ;

1m^3 gaz + 2m^3 oksijen ile yanarak 1m^3 CO_2 + 2m^3 su çıkmaktadır.

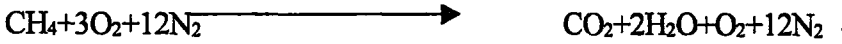
Dış hava ile tam yanma ;



gerçekleşmekte ve ortaya ;

1m^3 gaz + 2m^3 oksijen ile yanarak 1m^3 CO_2 + 2m^3 su çıkmakta ve her 1m^3 oksijen 4m^3 azot oluşturur.

%50 fazla hava ile yanma ;



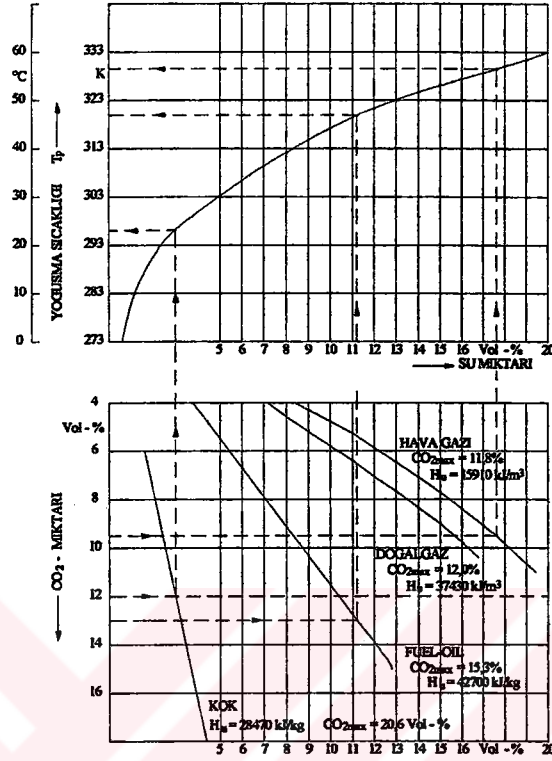
gerçekleşmekte ve ortaya ;

1m^3 doğal gazın yanması ile 16m^3 yanma ürünü çıkmaktadır.[3]

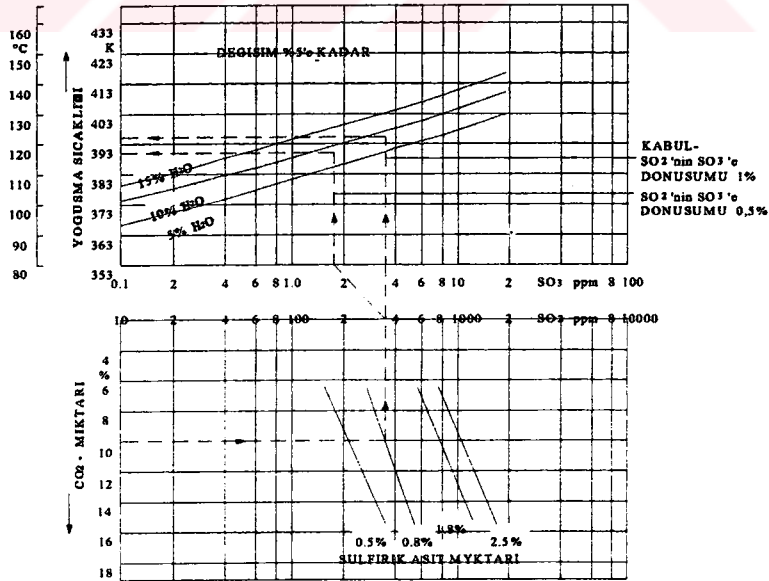
1.2.2-Kondens:

Yanma havası ne kadar değişirse değişsin CO_2 ve H_2O aynı kalır. Yani her bir m^3 doğal gaz için 1m^3 CO_2 + 2m^3 H_2O çıkar. Daha fazla hava demek daha az % H_2O anlamına gelir, fakat su miktarı kondenzasyon için çok önemlidir. Çünkü baca gazı sıcaklığı çiğ noktası

sıcaklığına düşerse baca içerisinde kondenzasyon oluşur. Şekil (1.3)'de CO_2 yüzdesine bağlı olarak çığ noktası sıcaklığının tespiti verilmiştir. Şekil (1.4)'de Baca gazındaki SO yüzdesine bağlı olarak asitlerin çığ noktası sıcaklığının tespiti verilmiştir



Şekil 1.3 CO_2 yüzdesine bağlı olarak çığ noktası sıcaklığının tespiti [5]



Şekil 1.4 SO yüzdesine bağlı olarak asitlerin çığ noktası sıcaklığının tespiti [5]

1.2.3-Yanma Ürünleri:

Tablo- 1.1 Yanma havası ve çıkış sıcaklığına bağlı oluşan yanma ürünleri

Daimi su ve karbondioksit vardır.		
	Düşük sıcaklık	Yüksek sıcaklık
Yetersiz yanma havası	Hidrokarbon Karbonmonoksit	Karbonmonoksit
	Kurum	
Yeterli yanma havası	Hidrokarbon Karbonmonoksit	

Hidrokarbon Emisyonu :

Tam yanmanın olmadığı veya alev sıcaklığın düşük olduğu durumlarda oluşur.

Birçoğu zehirler bazıları kansere yol açar. Verimliliği düşürür. Çevreyi kirletir.

Karbondioksit:

Yanma esnasında C, O₂ ile birleşerek CO₂ oluşur.

CO₂ nin ortama atılmasını %50 'ye kadar iklim değişikliğine yol açtığı düşünülür.

CO₂ nin ortama atılmasını azaltmak için yanma prosesinin iyileştirilerek petrol türevi yakıtların kullanımının azaltılması gereklidir.

Karbonmonoksit :

CO zehirleyici ve aynı zamanda kokusuzdur.

CO yanmanın yetersiz olduğu veya alev sıcaklığının çok erken düştüğü durumda oluşur.

Normalde diğer istenmeyen yanma ürünleri CO ile birlikte oluşmaktadır (kurum ve hidrokarbon gibi) . Düşük verim.

1.2.4-Baca Kusması

Bacaların dışında görülen çirkin görüntüler, baca içinde baca gazı sıcaklığının çığ noktasına düştüğü noktada başlar ve aşağılara doğru lekelenmeler devam eder. Bununla beraber, baca içinde oluşan nem ise hem baca çekişini düşürür hemde sonucunda baca kayıplarını

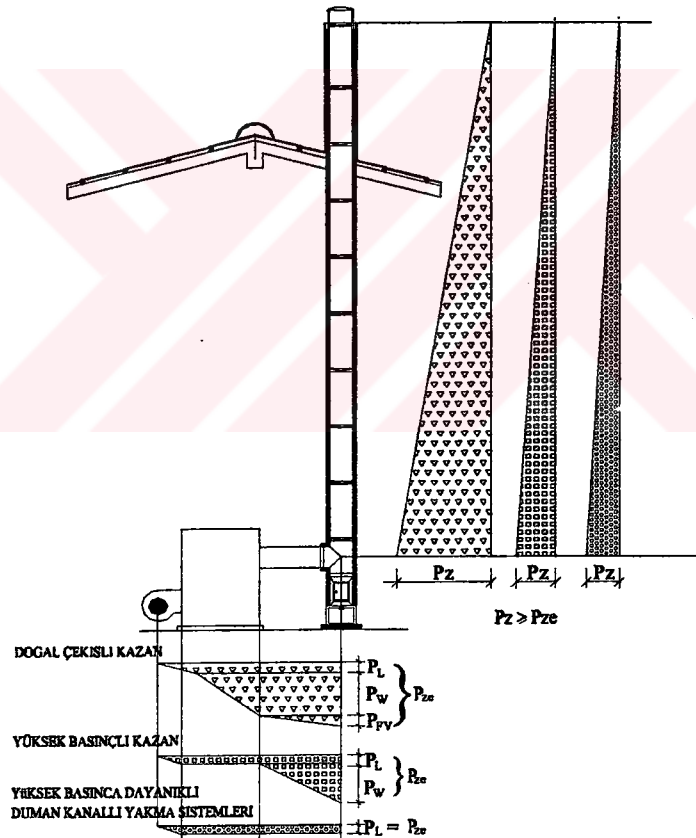
arttırır. Gazın içinde bulunan ve yoğuşan SO_2 gibi gazlar su buharı ile birleşerek asitleri oluşturur. Baca bu asitlerden hem zarar görür hem de kötü kokularından çevre rahatsız olur.

1.2.5-Doğal Çekiş ve Basınç

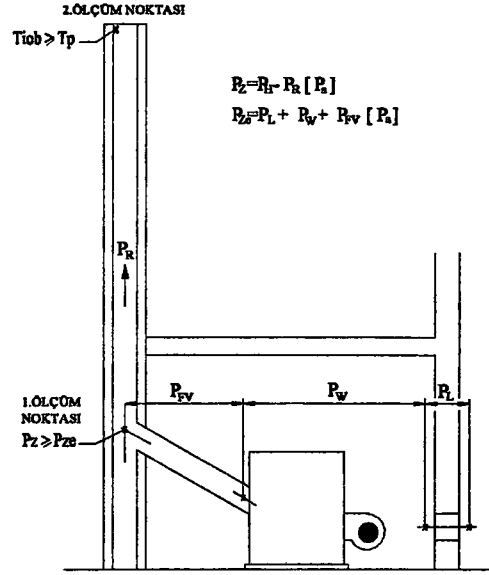
Doğal çekiş; baca içerisindeki gaz ile havanın yoğunluk farkından ortaya çıkan sonuçtur.

Çekiş işlevi; $Baca\ çekiş i = baca\ gaz ını\ yüks elmesi - kay ıplar$

Ocaktaki basınç farklılıkları; baca çekişine, ocakların yapısına ve üfleli brülörün yapısına bağlıdır. Ocaktan önce düzenlenen üfleli brülörlerde ocakta yüksek basıncın oluşmasına neden olabilirler Şekil (1.5).



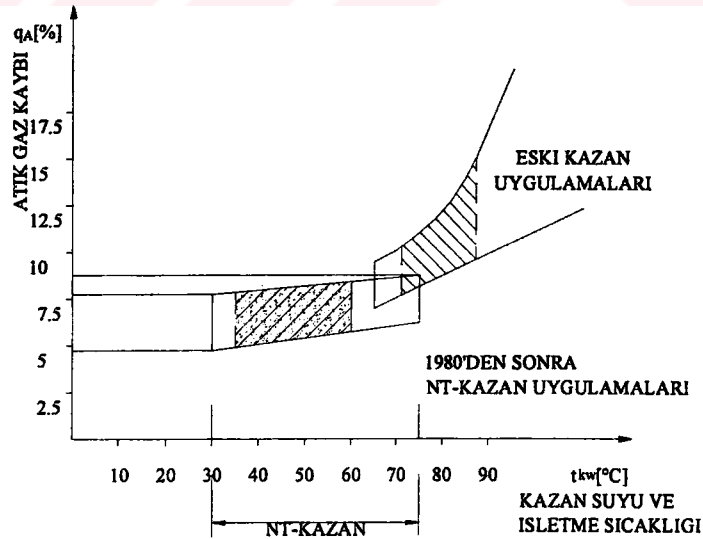
Şekil 1.5 Bacadaki basınç ilişkileri [4,12]



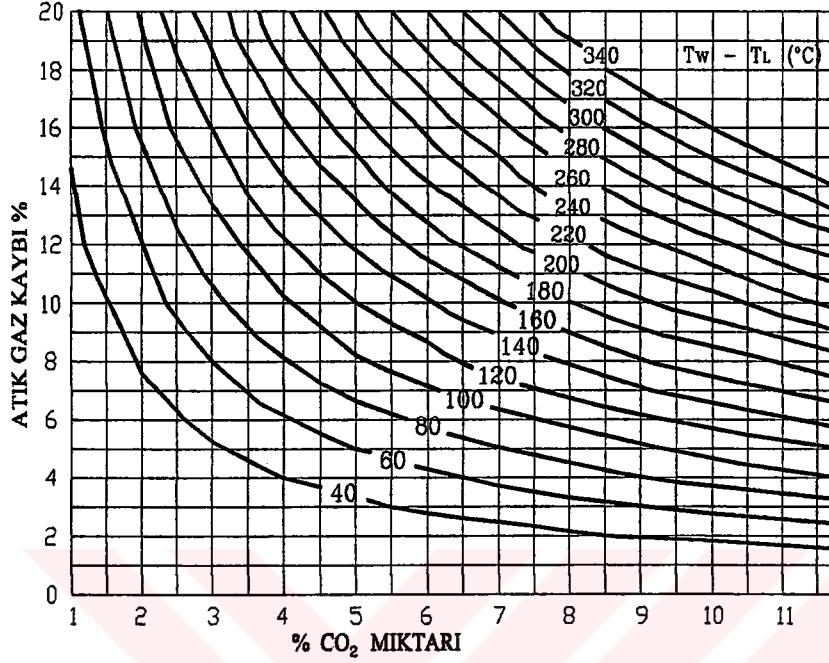
Şekil 1.6 Bacalardaki basınç ve sıcaklık dengeleri [1]

1.2.6-Bacadan ısı kayıpları:

Isı üreticisinin veriminin artırılması ile yakıt tasarrufu yapılabilir. Bu konuda yapılan çalışmalardan biri ısı üreticilerindeki çalışma aralığının düşürüldüğü modern kazanlardır. NT Kazanları (yoğuşmalı kazanlar) 35 - 60° C kazan suyu sıcaklıklarında çalıştırılırlar ve baca kaybı %5-8 arasındadır. Şekil (1.7). CO₂ miktarı ne kadar çok olursa ve baca gazı sıcaklığı ne kadar az olursa baca kaybı o kadar azalır. Şekil (1.8)



Şekil 1.7 1972'den itibaren kazanlardaki atık baca gazı kaybı değerinin değişimi.[1]



Şekil 1.8 CO₂ miktarı, baca gazı sıcaklığı ve baca kaybı arasındaki ilişki.[1]

Siebert' in formülünü kullanarak atıkgaz ile hava sıcaklık farkı ve atıkgazda ölçülmüş karbondioksit değeri yardımıyla da kazan verimliliği bulunabilir.[16]

$$q_A = \Delta T * (A_1 / \sigma(CO_2) + B) \quad (1.1)$$

$$\eta_w = 1 - q_A / 100 \quad (1.2)$$

Tanımlar;

η_w : Kazan verimi

ΔT : Baca gazı ile ortam sıcaklığı farkı (Tw-TL) °C

q_A : Baca gazı kaybı %

$\sigma(CO_2)$: Karbondioksitin hacimsel miktarı %

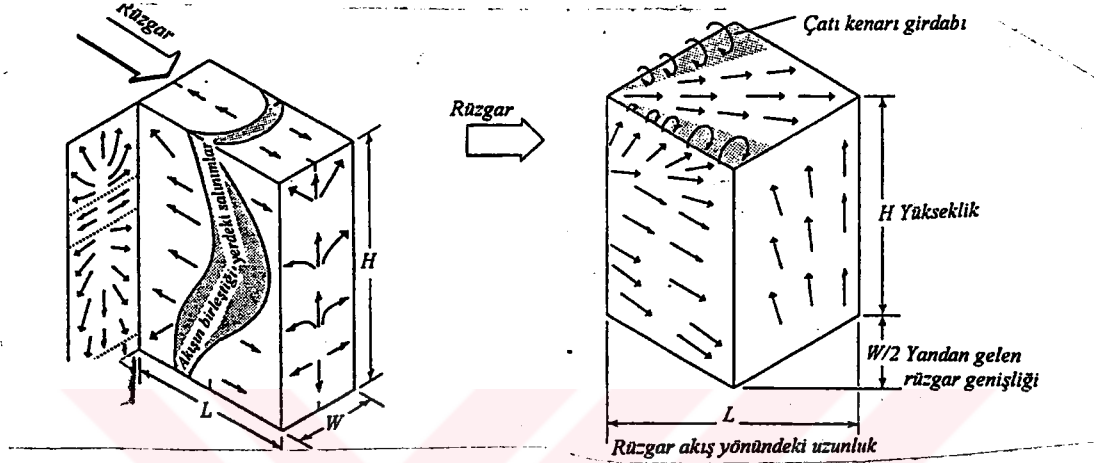
A_1 : Sabit değer. Doğal gaz için 0,37 dir.

B : Sabit değer. Doğal gaz için 0,009 dur.

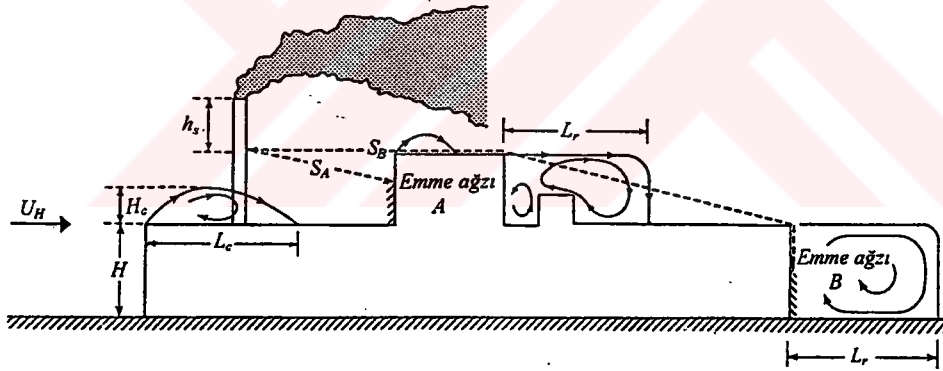
Rüzgara dik yüzeyinin yüksekliği H , genişliği W ise R uzunluk ölçeği;

$$R = B_s^{0,67} B_L^{0,33} \quad (2.1)$$

şeklinde tanımlanmıştır. Bu tanımda W genişliği ile H yüksekliğinden küçük olan boyut B_s , büyük olan boyut B_L olarak alınmaktadır. B_L boyutunun $8B_s$ boyutundan daha büyük olması durumunda, Denk (2.1)' de $B_L = 8B_s$ alınır.



Şekil 2.2 Yüzeysel akış modelleri ve bina boyutları [7].



Şekil 2.3 Akış geri dönüş bölgeleri ve egzoz ve emme ağızları arasındaki uzaklıklar [7].

Çatı seviyesinin değişken veya aralarında en az B_s uzaklığında olan çıkıntılar bulunan binalarda, R değerinin hesabı için sadece çatının alt kısmında kalan yükseklik ve bina genişliği boyutları kullanılmalıdır. Şekil. 2.3 ve 2.6' da gösterildiği gibi, düz çatılı binalarda geri dönüş bölgesinin H_c maksimum yüksekliği, kenardan itibaren X_c uzaklığında, bu geri dönüşlerin akımla tekrar birleşmesi ise L_c ve L_r uzaklıklarında oluşmakta olup;

$$H_c = 0,22 R \quad (2.2) \quad , \quad X_c = 0,5 R \quad (2.3)$$

$$L_c = 0,9 R \quad (2.4) \quad , \quad L_r = 1,0 R \quad (2.5)$$

eşitliklerini kullanabiliriz.

Çatıdaki geri dönüş bölgesinin aşağı doğru olan sınırı, yaklaşık olarak H_c yüksekliğinden, çatıdaki L_c uzunluğuna doğru düz bir eğimle azaldığı kabul edilebilir. Geri dönüş bölgesinin boyutları, binaya gelen rüzgarın türbülans ölçeği ve şiddetine bir dereceye kadar bağlıdır. Rüzgarın geliş yönündeki akışa engel olucu elemanlar dolayısı ile oluşan yüksek türbülans seviyesi, Denk.(2.2)' den Denk.(2.5)' e kadar olan eşitliklerdeki katsayıları 2 katına kadar azaltabilir. Geri dönüş bölgesi ile gelen rüzgardaki türbülans, Şekil 2.2.' de gösterilen akımın tekrar birleşme yerinde salınımlara neden olur.

Çatı seviyesindeki değişimler, sundurmalar, çeşitli cihazların konulduğu kapatılmış oda ve hacimleri göz önüne almak için, her bir engelin rüzgara dik yöndeki boyutları kullanılarak, R uzunluk ölçeği Denk. (1) yardımı ile her bir engel için hesaplanmalıdır. Her bir engelin geri dönüş bölgesi boyutları ise Denk.(2), (3) ve (4)' den hesaplanmalıdır. Engelden sonraki veya bütün binadan geri dönüş bölgesinin L_r uzunluğu, engelin rüzgara dik yöndeki boyutlarına göre tanımlanmış R uzunluk ölçeği alınarak, Denk. (5) ile verilmektedir. Şekil. 2.6' da gösterildiği gibi, Z_2 yüksek türbülans bölgesinin sınırları, geri dönüş bölgesinin X_c veya L_r tepe noktasında aşağı doğru 1:10 ($5,7^\circ$) eğimle azalır. Bir engelin rüzgarın geldiği yönde çatı kenarına yakın veya bu engelin yanında başka bir engelin olması durumunda, akış geri dönüş bölgeleri birbirine etki eder. Binanın oluşturduğu türbülans, çatı arka izi bölgesi içinde kalmakta olup, Şekil.2.6.'da gösterildiği gibi, bu bölgenin Z_3 üst sınırı

$$Z_3 / R = 0,28 (X / R)^{0,33} \quad (2.6)$$

eşitliği ile verilmektedir. Bu şekilde X, akışın geri dönüş bölgesinin başladığı , çatının uç noktasından itibaren ölçülen uzaklıktır. Binanın oluşturduğu türbülans, çatı seviyesi yukarıdaki yükseklik ile azalır. Çatıdaki Z_3 arka iz bölgesinin kenarındaki türbülans şiddeti gelen rüzgarın türbülans şiddetine yakındır. Şekil.2.6' da sınırın altındaki bölgede yüksek bir türbülans şiddeti mevcuttur.

2.1.2. Egzoz Bacası Tasarımı

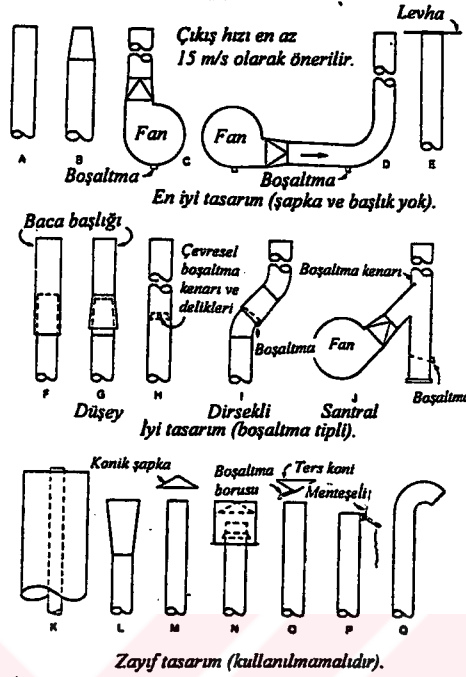
Bacadan atılmadan önce, egzoz gazları içindeki kirleticilerin derişikliği filtreler, toplayıcılar ve yıkayıcılar yardımı ile azaltılmalıdır. Emniyet ve pratiklik açısından, daima bir çok istasyondan toplanan merkezi egzoz sistemleri kullanılmalıdır. Birkaç egzoz kanalının birleştirilmesiyle tek bir istasyondan zaman zaman gelen birdenbire çoğalan kirletici derişikliğinin artması, merkezi sistem yardımı ile seyreltilir. Bununla beraber , bazı özel durumlarda ayrı egzoz sistemlerinin kullanılması gereklidir. Bir araya getirilen kirleticilerin özellikle, endüstriyel sağlık kurallarına ve emniyet kodlarına uygun olmalıdır.

Birleşmiş jetin oluşturduğu daha büyük baca çıkış etkisi üstünlüğünden yararlanmak için, ayrıık egzoz bacaları sızdırmaz bir grup haline getirilmelidir. İlave olarak, merkezi sisteme ait tek bir baca veya sızdırmaz bacalar grubu, binanın hava girişinden mümkün olduğu kadar uzaktan egzozun dışarı atılmasını sağlar. Şekil 2.3' de görüldüğü gibi, h_s etkin baca yüksekliği egzoz bacasının yerel akış geri dönüş bölgesinin ve akış engelliyicinin yukarısındaki kısım olarak alınır. Bitişik duvar ve yapıların seviyelerinin altındaki bacaların, çatı seviyesindeki egzoz kirleticilerini etkin bir şekilde azaltmadığı görülr. Bacaların yüksekliklerinin tamamından yararlanabilmek için bacalar, binanın çatısının en yüksek yerine yerleştirilmelidir. Çatı üzeri maskeleme için mimari kaplamaların kullanıldığı durumlarda, kaplama içindeki cihazı kirleticilerden korumak için bacalar, H_c akış geri dönüş bölgesi yüksekliğinin yukarısına çıkarılmalıdır.

2.1.2.1. Gerekli Baca Egzoz Hızı

Yüksek baca çıkış hızı ve yüksek sıcaklık, bacadan çıkan dumanın yükselmesine neden olur. Bu şekilde dumanın yörüngesinin yükselmesi ve jet seyrelttiğinin artması ile emme ağızındaki kirletici derişikliği azalır. Bununla beraber, yüksek baca çıkış hızı, artan baca yüksekliğinin görevini tam olarak yapamaz.

Şekil.2.4' de görüldüğü gibi, bacalar egzoz jetini düşey çıkaracak şekilde düzenlenmelidir. Egzoz jetini saptıran bacaların, minimum seyreltik ve kritik rüzgar hızının her ikisi üzerine zararlı etkisi vardır. Her durumda , çoğunlukla yağmurun aşağı doğru düşey düşmemesi yüzünden, konik baca şapkaları yağmura karşı koruma sağlayamaz.



Şekil 2.4 Düşey çıkış ve yağmur koruması sağlayan baca tasarımları [7].

Şiddetli yağmur süresinde hızlı rüzgardan dolayı, yağmur damlalarının şapka altına ve baca içine girişi incelendiğinde, yaklaşık 13 m/s baca hızı, yoğunlaşmanın bacadan aşağı doğru akmasını ve yağmur damlalarının içeri girmesini önlediği tespit edilmiştir. Baca içinde su damlacıkları olsa dahi uygun bir baca çıkışı ve jet seyreltiği sağlayabilmek için egzoz hızı 10 m/s değerinin üzerinde tutulmalıdır. Bacada yoğunlaşmanın korozyon olması halinde 5 m/s veya daha az hıza göre boyutlandırılmalıdır ve yoğunlaşmanın alınabilmesi için bir drenaj hattı yapılmalıdır. Bacadan 10 ila 15 m/s gibi büyük bir duman gazı çıkış hızı sağlayabilmek için, bacanın tepesi ters koni biçimde yapılmalıdır. Aralıklı çalışan sistemlerde, yağmur ve kar nedeniyle oluşan damlacıklardan bacayı koruyabilmek için Şekil 2.4’ de F’ den J ‘ye kadar olan tasarımlar kullanılmalıdır.

2.1.2.2. Egzoz Sızmalarını Önlemek İçin Gerekli Baca Yüksekliği

Egzoz gazının sınır tabaka izi içine girişini önlemek için bacalar, H_c akış geri dönüş yüksekliğinin yukarısında bitmelidir. Bacaların veya egzoz çıkış ağzlarının bu geri

dönüş bölgesi içinde olduğu durumlarda, gazlar hızlı bir şekilde çatıya doğru yayılır ve giriş ağzından veya diğer açıklıklardan bina içine girebilir. Şekil 2.1' de bu akışın geri dönüş bölgesi içine ve bazı durumlarda çatının arka kısmına girişi görülmektedir.

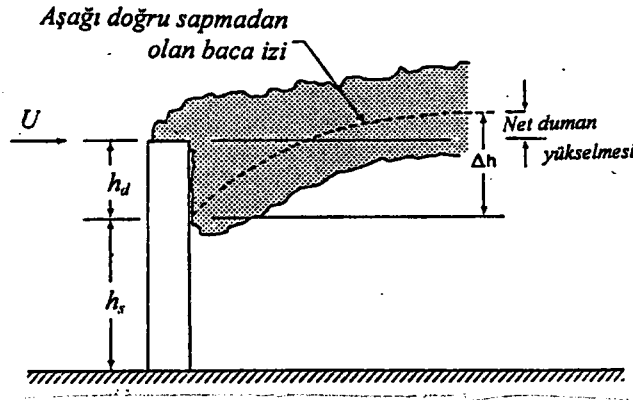
Yüksek bir w_m egzoz hızının, çatı seviyesindeki U_H rüzgar hızının en az 1,5 katından fazla olması, sadece baca yakınında başlangıçtaki iyi bir seyreltiği sağlaması bakımından değil, aynı zamanda baca izinin arka kısmında bacadan çıkan duman gazının yükselmesinin azaltılmasını veya yok edilebilmesini de sağlar. Şekil 2.5' de görüldüğü gibi bacanın rüzgar altı kısmındaki izde gelişen alçak basınç bölgesi egzozun arka kısmında baca izi içine girişine neden olur. Egzoz hızının rüzgar hızının 1,5 katından daha fazla olamadığı durumlarda, h_s baca yüksekliğine, h_d egzoz arka bölgesi yüksekliği ilave edilmelidir (Şekil 2.5). $D_H = (4A / \pi)^{0.5}$ şeklinde etkin baca çapı alınmak üzere, $w_m / U_H < 1,5$ için, şapkasız bacalardan ($\beta = 1,0$) düşey olarak doğrudan çıkan jet halinde,

$$h_d = 2,0 D_H (1,5 w_m / U_H) \quad (2.7)$$

bağlantısı kullanılır. Yağmur önleme şapkaları, çoğunlukla gaz ve sıvı yakacak bacaları ile paket tipi havalandırma ünitelerinde kullanılır. Bu ünitelerde $\beta = 0$ alınacağından $h_d = 3,0 D_H$ olacaktır ve çatı üzerine konulan cihazlardan çıkan kirletici ile hava girişini önlemek için bu, h_d değeri h_s nominal baca yüksekliğine ilave edilmelidir.

Uygun bir baca yüksekliğinin seçimindeki tasarım yöntemine, üzerinde bir yağmur şapkası bulunan ve bunun sonucunda bacadan duman gazının yükselmemesi durumuna ait h_{sc} baca hesap yüksekliği ile başlanır. Şapkasız düşey egzoz bacası için, kıvrılan egzoz jetinin minimum h_r yüksekliği tahmin edilir ve duman gazının yükselmesini sağlayabilmesi açısından tahmin edilen bu h_r değeri, şapkalı baca yüksekliği h_{sc} değerinden çıkarılır (Şekil 2.5).

Şekil 2.6' de görüldüğü gibi, aşırı derecede egzoz gazının tekrar içeri girmesinin önlenmesi için h_{sc} şapkalı baca yüksekliği baca gazının h_{sc} yüksekliğinden itibaren yukarı ve aşağı doğru 1:5 (11,3°) eğimde yayıldığı kabul edilerek bulunur.



Şekil 2.5 Baca izi arka kısmının etken baca yüksekliğini azaltması [7].

Birinci adımda h_{sc} şapkalı baca yüksekliği, baca gazının çıkışının alt kenarının 1:5 eğiminin, çatı üzerindeki emme hacimleri mimarı perdelemeler veya sundurmalar gibi engellerin oluşturduğu akış geri dönüş bölgesinin sınırlarına değmesini engelleyecek şekilde yükseltilir. Bu geri dönüş bölgelerinin boyutları, Şekil 2.3 ve 2.6'de gösterilmekte olup, Denk (2.2), (2.3) ve (2.4) yardımı ile hesaplanır.

Hava emme ağzı, rüzgarın geliş yönünün aksi duvarına yerleştirilmiş ise, koku ve su buharı gibi zehirli egzoz kirleticilerin olmadığı zaman, eğimi 1:5 olan duman çıkışının alt kenarı çatının rüzgar arkası akış kenarının yukarısında olmalıdır. Zehirli kirleticiler olması halinde, büyük bir seyreltik faktörün gerekli olduğu duvar giriş ağzında, duman çıkışının alt kenarı, binanın rüzgar akış yönü aksi tarafındaki akış geri dönüş geri dönüş bölgesinin yukarısında olmalıdır. Şekil 2.1-2.3 ve 2.6'de gösterildiği gibi, bina geri dönüş bölgesi sınırı, çatının rüzgar geliş yönünün aksi tarafı kenarından yatay bir L_r uzaklığı ile tanımlanır. L_r , Denk. (2.5) yardımı ile hesaplanır.

Şapkasız bir baca için, h_r dumanın yükselmesi, egzoz gazının momentumu yüzünden olmaktadır ve

$$h_r = 3,0 (w_m / U_H) D_H \quad (2.8)$$

bağlantısından hesaplanabilir.

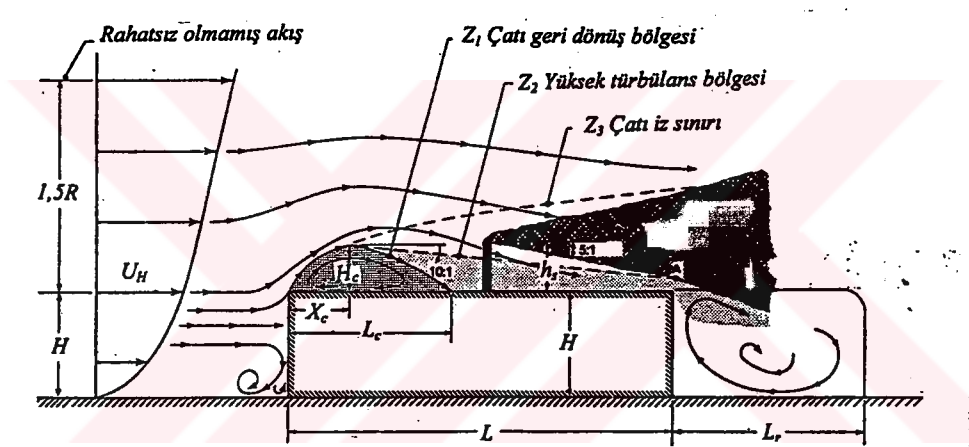
Burada; U_H : hava emme ağzında kirleticilerin girişinin önlendiği maksimum tasarım rüzgar hızıdır.

Şapkasız bacalar için gerekli h_s yüksekliği , yerel akış geri dönüş ve akışı önleyen cisimlerin yukarısına kadar uzatılmalıdır.

$$h_s = h_{sc} - h_r + h_d \quad (2.9)$$

Minimum önerilen egzoz hızı $w_m = 1,5 U_H$ değerinde ise, dumanın aşağı doğru sapması $h_d = 0$ ve $h_r = 4,5 D_H$ değerindedir. Bu yüzden şapkasız bir baca, şapkalı bir bacadan $4,5 D_H$ daha kısa yapılabilir.

Rüzgarm geliş yönündeki duvara dik olması durumunda, en büyük akış geri dönüş bölgesi, yüksek türbülans ve akış iz bölgeleri oluşur. Bina duvarına rüzgarm dik geldiği dört yön için belirlenen baca yüksekliklerinden en büyüğü gerekli baca yüksekliği olarak belirlenmelidir.



Şekil 2.6 Kirleticilerden korunmak için gerekli baca yüksekliğinin tasarım esasları [7].

2. 2 . Malzeme Seçimi

Bütün malzemeler az veya çok korozyona maruz kalırlar. Austenitik paslanmaz çelikler ise korozyonun etkilerine karşı oldukça dayanıklıdırlar. Özellikle baca gazı sıcaklıkları çığ noktasının altına düştüğü zaman baca gazının yapısına bağlı olarak iki türde korozyon söz konusu olur.

Yakıt yandığında yoğunlaşan sıvının yapısında sülfirik asit varsa yüzey korozyonu meydana gelir. Bu şekildeki korozyonun doğru malzeme seçimi yapılarak kontrolü

kolaydır, bacaya verdiği etkide çok önemli değildir. Yüksek yüzey kaliteli malzeme seçilerek bu etkiler minimize edilebilir.

En önemlisi ise bölgesel (pitting) korozyondur. Bu tür korozyonlar çok kısa zaman içerisinde malzemede derin kraterler açarak malzemenin delinmesine yol açarlar. Bölgesel korozyonların oluşabilmesi için baca gazında halojen bileşimlerin olması gerekir.

Bu halojen komponentler başlıca klor bileşenleridir ve normalde yakıttan değilde yanma havasından ileri gelirler. Yanma havası içerisinde klor bileşenleri olmamasına dikkat edilmelidir. Klor bileşenleri kazan dairesinde temizleme maddelerinden, boyalardan ve buna benzer birçok kimyasal maddeden ileri gelebilir. Bu durumda kazan dairesine taze hava girişi oldukça önemlidir. Aksi takdirde yanma havasında buluna klor, baca içerisinde hidroklorik asite dönüşerek baca iç yüzeylerine etki etmeye başlar.

Diğer bir pitting oluşum nedeni ise yanma sonucu ortaya çıkan NO_x ' lerin nitrik asit oluşturmasıdır. Yanma işlemi esnasındaki azot oksitler, ya ısı birleşmeden (yüksek yanma sıcaklıklarında azot ile oksijenin reaksiyonu), veya yakacaktır azottan (yakacak moleküllerindeki organik azotun oksidasyonu sonucu) meydana gelir. Tam yanmayı sağlamak ve eksik yanma ürünleri azaltmak gayesi ile fazla hava miktarını ve alev sıcaklığını arttırmak, maalesef NO_x miktarını artırır.

Dur/kalk çevrime (on/off) göre çalışan kazanlarda, bacalar durma aralığında soğurlar. Kazan çalışmaya başlayınca, baca yüzeylerinin çığ noktası sıcaklığının üzerine çıkana kadar, duman gazı içinde su buharı, bu yüzeyler üzerinde yoğunlaşır.

Baca yüzeylerinin sıcaklıkları, duman gazındaki bileşenlerin çığ noktası sıcaklığının altında kalması ile yakacak içerisindeki ve yanma ürünlerindeki asitler, yoğunlaşan nem ile birleşerek bu yüzeyler üzerinde sülfirik asit, nitrik asit ve hidroklorik asitlerin oluşmasına yol açarlar. Baca sistemlerinde izolasyon malzemesinin kullanılması ile asitlerin ve su buharının yoğunlaşması azaltılarak baca malzemesinin ömrü arttırılabilir.

Yüksek verimli, yoğunlaşmalı kazanlarda verimin %100 civarına ulaşabilmesi için duman gazı sıcaklığının kasıtlı olarak çığ noktasının altına indirilmesi gereklidir. Bu

sistemlerde, yoğuşma etkisi altında kalan yüzeyler, korozyona dayanıklı malzemeden yapılmalıdır.

Pitting şeklinde oluşan korozyonlara karşı molibden içeren paslanmaz çeliğin kullanımının gerekliliği uzun yıllardan beri elde edilen tecrübelerle ve deneysel metodlarla kanıtlanmıştır. Bu durumda % 2,5 e kadar molibden içeren AISI 316 L veya AISI 316 Ti malzemenin kullanımı gereklidir (Tabloda bu malzemelerin içerikleri detaylıca belirtilmiştir). Molibden ilavesi, düşük oranlarda bile (%0,2-0,5) kopma mukavemetini, 400-600 °C' lik sıcaklıklarda sürtünme mukavemetini yükseltir. Taneyi inceltip sertleşmede kritik soğutma hızını azaltır. Korozyon etkisi sadece malzeme ile ilgili olmayıp izolasyon kullanımı, baca dizaynı ve baca elemanlarının seçimi ile doğrudan ilgilidir. Bunlara ek olarak kaynak tekniği, sac büküm ve form verme tekniği de korozyonun oluşumunda önemli faktörlerdir.

Kaynak prosesinde koruyucu gaz kullanarak 316 L veya 316 Ti paslanmaz çeliğin ek bir dolgu malzemesi kullanmadan ergitilerek otomatik TİG kaynağı (robot kaynağı) ile bileştirilmesi bacanın kaynak bölgelerinde homojen bir yapının oluşmasına, neticede korozif etkilerinde kısmen azaltılarak bacanın sağlıklı, uzun ömürlü olmasına neden olacaktır.

Tablo 2.1 – Baca yapımında kullanılması gereken paslanmaz çelik malzemelerin içeriği (DIN 4133) [8]

ÇELİK TÜRÜ		% KİMYASAL BİLEŞİM				
KISALTMA	W.-Nr.	C	Cr	Ni	Mo	Diğer
X5CrNi18-10	1,4301	≤ 0,07	17,0/10,5	8,0/10,5	-	N ≤ 0,11
X6CrNiTi18-10	1,4541	≤ 0,08	17,0/19,0	9,0/12,0	-	Ti 5xC ≤ 0,70
X6CrNiMoTi17-12-2	1,4571	≤ 0,08	16,5/18,5	10,5/13,5	2,0/2,5	Ti 5xC ≤ 0,70
X1CrNiMoTi18-13-2	1,4561	≤ 0,020	17,0/18,5	11,5/13,5	2,0/2,5	Ti 0,40/0,60
X2CrNiMo18-14-3	1,4435	≤ 0,030	17,0/19,0	12,5/15,0	2,5/3,0	N ≤ 0,11
X2CrNiMo 17-13-2	1,4404	≤ 0,03	16,5/18,5	11/14	2/2,5	-
X1NiCrMoCu25-20-5	1,4539	≤ 0,020	19,0/21,0	24,0/26,0	4,0/5,0	Cu 1,2/2,0 N ≤ 0,15

Tablo 2.2 Baca malzemesi için paslanmaz çelik seçimi. [24]

Yakıt ¹	Doğal gaz	Hafif sıvı yakıt ² Odun (tabii halde)	Ağır sıvı yakıt ² Kömür (max. %1 S)
Atık gaz içeriği	$SO_2 < 35 \text{ mg/m}^3$	$SO_2 < 500 \text{ mg/m}^3$	$SO_2 < 1700 \text{ mg/m}^3$
İşletme koşullarında cidar sıcaklığı (°C)	ve $HCl < 30 \text{ mg/m}^3$ ile $HF < 5 \text{ mg/m}^3$ Kullanılabilir çelikler (malzeme numaraları)		
0 ila 100 arası	1.4571 ; 1.4435 ; 1.4539	1.4539	1.4539
100 ila 150 arası	1.4571 ; 1.4435 ; 1.4539 ; 1.4541	1.4571 ; 1.4435 ; 1.4539	1.4539
150 ila 300 arası	1.4571 ; 1.4435 ; 1.4539 ; 1.4541	1.4571 ; 1.4435 ; 1.4539	1.4571 ; 1.4435 ; 1.4539
300 ila 400 arası	1.4571 ; 1.4435 ; 1.4541	1.4571 ; 1.4435 ; 1.4541	1.4571 ; 1.4435
400 ila 550 arası	1.4561	1.4561	1.4561
1) Depo gazı ve hava gazı atık gaz analizine uygun olarak tertiplenmelidir.			
2) TS 2177			

2.3. Atık Gazların Atılma Hızı ve Gerekli Yükseklikler

2.3.1 Giriş

Atık gazlar serbest hava akımı tarafından, engellenmeden taşınabilecek biçimde atmosfere verilmelidir. Genelde, bu amaçla kullanılmalı ve gazların bacadan çıkış hızları tesis anma gücünde çalıştırılırken en az 6 m/s olmalıdır. Ancak, anma ısı gücü 300 kW'ın altında olan tesislerde gaz çıkış 6 m/s olmalıdır.

2.3.2 Küçük Tesislerde Asgari Baca Yüksekliği

Anma ısı gücü 300 kW'ın altında olan tesislerde bacanın çatı üzerinden itibaren asgari yüksekliği aşağıdaki gibi belirlenir.

2.3.2.1 Eğik Çatı

Baca yüksekliği çatının en yüksek noktasından en az 0,5 m daha yüksek olmalıdır. Anma ısı gücü 50 kW'ın altında olan tesislerde baca çatının tepe noktasına çok yakın değilse, çatı tabanından 1 m yüksekliğinde olmak kaydıyla, daha alçak olabilir.

2.3.2.2 Düz Çatı

Baca yüksekliği çatının en yüksek noktasından itibaren az 1,5 m olacaktır. Ancak, tesisin anma ısı gücü 50 kW' m altındaysa bu yükseklik 1 m olabilir.

2.3.3 Orta Boy Tesislerde Asgari Baca Yüksekliği

Anma ısı gücü 300 kW ile 1 MW arasında bulunan tesislerde bacanın çatı üzerinden itibaren yüksekliği aşağıdaki gibi olması gerekir.

2.3.3.1 Eğik Çatı

Bacanın Yüksekliği çatının en yüksek noktasından itibaren en az 1 m olarak tespit edilir.

2.3.3.2 Düz Çatı

Düz veya eğim açısı 20° 'nin altında olan eğik çatılarda baca yüksekliği, çatı eğimini 20° kabul ederek hesaplanan eğik çatının en yüksek noktasından itibaren en az 1 m daha fazla olarak tespit edilir.

2.3.4 Büyük Tesislerde Asgari Baca Yüksekliği

Anma ısı gücü 1,2 MW üzerinde olan tesislerde baca yüksekliği aşağıda verilen esaslara göre belirlenir. Bacanın tabanda yüksekliği en az 19 m ve çatı üstünden yüksekliği ise en az 3 m. olmalıdır.

Çatı eğimi 20° 'nin altında ise çatı yüksekliği hesabında 20° 'lik eğim kabul edilir.

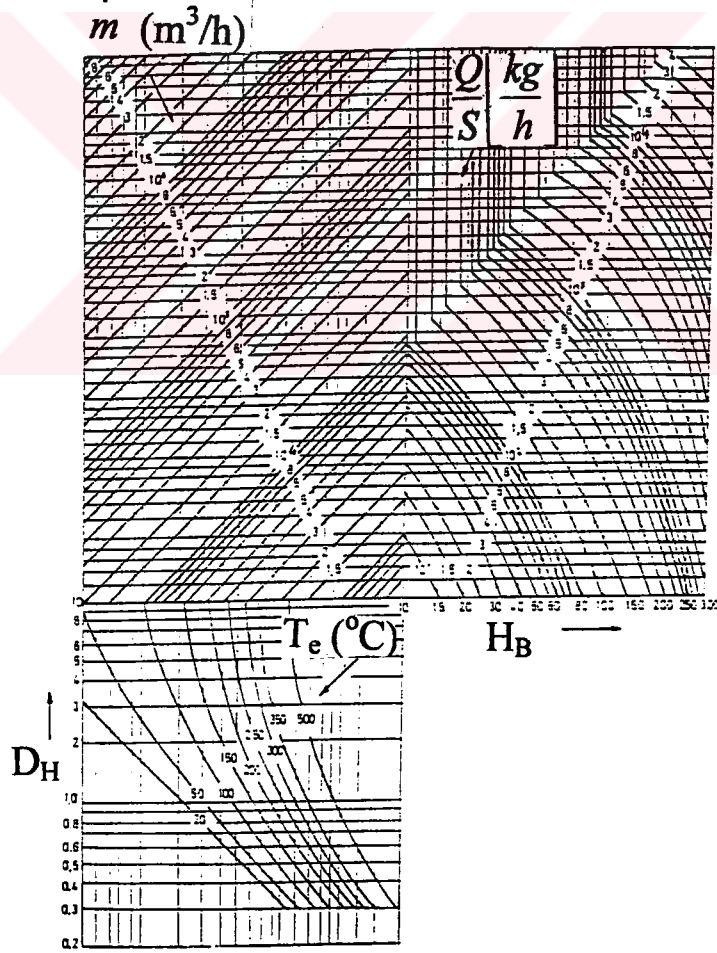
Baca yüksekleri Şekil (2.7)' de verilen abak kullanılarak belirlenecektir. Burada, Tablo 2.3' deki S değerleri kullanılacaktır.

T_e , m ve Q için, kullanılan yakıt ve hammadde türlerine ve işletme şartlarına göre hava kirliliği yönünden en elverişsiz değerler kullanılacaktır. Azot oksit emisyonu durumunda azotdioksit' e dönüşüm oranı % 60 alınacaktır. Yani azot monoksit kütleli debisi 0,92 ile çarpılacak ve azotdioksit'in kütleli debisi Q olarak abakta kullanılacaktır.

Özel durumlarda Tablo 2.3’de verilen S değerleri Başbakanlık Çevre Genel Müdürlüğü tarafından azaltılabilir.

Tablo 2.3 S Emisyon Faktörü Değerleri [9]

Kirletici cinsi	S
Havada asılı toz	0,2
Hidrojenklorür (CI olarak gösterilmiştir)	0,1
Klor	0,15
Hidrojen florür ve gaz biçiminde inorganik flor bileşikleri (F olarak gösterilmiştir)	0,003
Karbon monoksit	15
Kükürt dioksit	0,2
Hidrojen sülfür	0,005
Azot dioksit	0,15



Şekil 2.7 Baca Yüksekliğinin Belirlenmesi İçin Abak
(Rüzgar hızı 2 m / s olarak alınmıştır.) [23]

2.3.5 Dumanın Atılma Hızı

Her durumda, çoğunlukla yağmurun aşağı doğru düşmemesi yüzünden, konik baca şapkaları yağmura karşı koruma sağlamaz. Yaklaşık 13 m/s baca hızı, yoğunlaşan nemin bacadan aşağı doğru akmasını ve yağmur damlalarının (şiddetli yağmur süresinde hızlı rüzgardan dolayı yağmur damlalarının şapka altına ve baca içine girdiği kabulü ile) içeri girmesini önler.

Baca içinde damlacıklar olsa dahi , uygun bir baca çıkışı ve jet seyretiği sağlayabilmek için egzoz hızı 10 m/s değerinin üzerinde tutulmalıdır. Bacada yoğunlaşan nemin korozi olmasi halinde, baca gövdesi 5 m/s veya daha az bir hıza göre boyutlandırılmalıdır ve yoğunlaşan sıvının alınabilmesi için bir drenaj hattı yapılmalıdır. Aralıklı çalışan sistemlerde, yağmur ve kar nedeniyle oluşan damlacıklarda bacayı koruyabilmek için baca gazının atıldığı son noktanın tasarımı iyi yapılmalıdır.

Pratikte;

Tabi çekişli baca gazı hızları

Küçük tesislerde (300 kW altında) 4 ila 5 m/s

Büyük tesislerde..... 5 ila 12 m/s

Cebri çekişli baca gazı hızları

Çelik bacalarda..... 20 ila 30 m/s

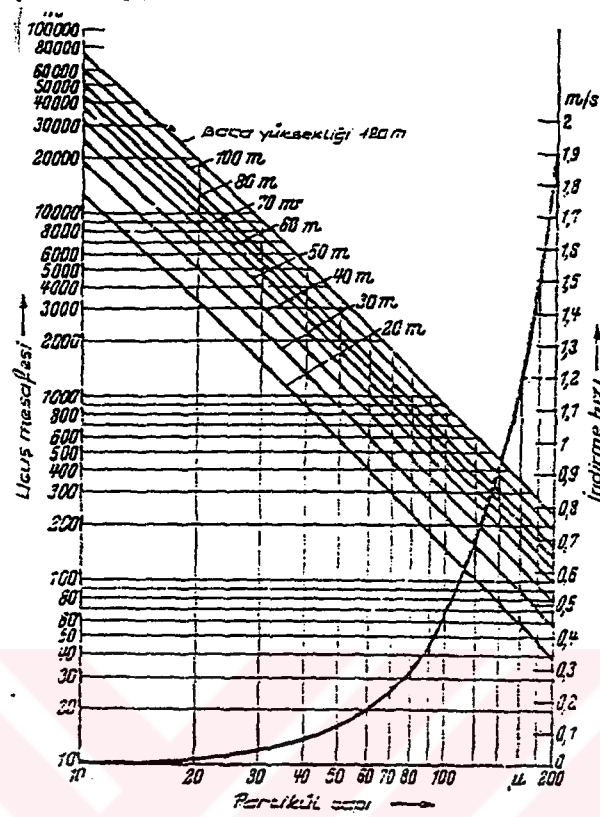
Tuğla bacalarda.....kömür. 10 ila 12 m/s

Tuğla bacalarda.....sıvı yakıt. 15 m/s alınabilir.

Partiküllerin belli mesafelerde kabul edilebilir çaplarının uçuş mesafeleri ,
Şekil 2.8 ' de verilmiştir.

2.4.Duman Gazındaki Su Buharı Ve Çiğ Noktası

Duman gazındaki su buharı miktarı, yakacakta bulunan suyun; ocağa gönderilen bütün hava (stokiyometrik yanma için gerekli hava fazla hava ve ilave havalar) içindeki su buharının ve yakacaktaki hidrojen ve hidrokarbonların yanması sonucu açığa çıkan suyun toplamıdır.



Şekil 2.8 20 ve 120m arasındaki baca yüksekliği ve 3,6 m/s'lik rüzgar hızındaki çeşitli incelikteki tozların hızları ve uçuş mesafeleri. [23]

Çiğ noktası sıcaklığı, duman gazı içindeki su buharının yoğunlaşmasının başladığı sıcaklık olup, Şekil 2.9' dan bulunabilir. Duman gazı içindeki P_{WV} su buharının hacimsel yüzdesi

$$P_{WV} = \frac{V_W}{\frac{100V_C}{\sigma(CO_2)} + V_W} \quad (2.10)$$

eşitliğinden hesaplanabilir. Burada ;

V_W : toplam su buharı hacmi

V_C : birim hacimdeki gaz yakaktan çıkan CO_2 hacmi (m^3 / m^3 gaz yakacak)

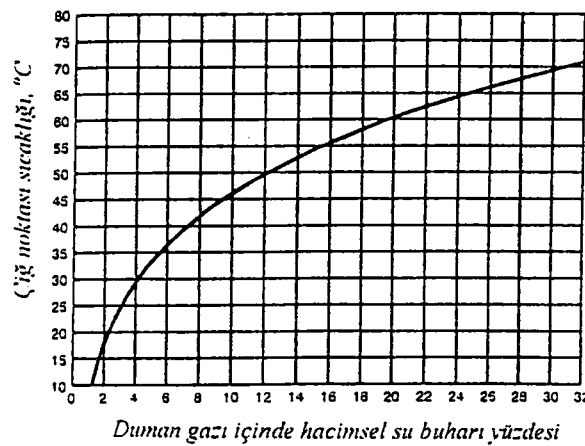
$\sigma(CO_2)$: duman gazındaki CO_2 yüzdesi

Katı, sıvı veya gaz yakacaklar için çığ noktası sıcaklıkları Şekil 2.10' den yararlanılarak bulunabilir. Örnek olarak, kütleli oranı (hidrojenin , karbon ile kükürt miktarına oranı) 0,088 ve duman gazındaki oksijen miktarı % 11,4 olan, katı bir yakacağın yanmasındaki çığ noktası sıcaklığı bulunmak istensin şekildeki yatay eksenden 0,088 değerinden yukarı çıkarılarak katı yakacak eğrisini kestiği noktadan, teorik çığ noktası sıcaklığı için 46 °C elde edilir. Bu noktadan itibaren sağa doğru kesikli eğri üzerinde duman gazındaki % 11,4 oksijen (şeklin üst eksen) değerine kadar girilir ve çığ noktası sıcaklığı ekseninden, gerçek çığ noktası sıcaklığı 34 °C olarak okunur.

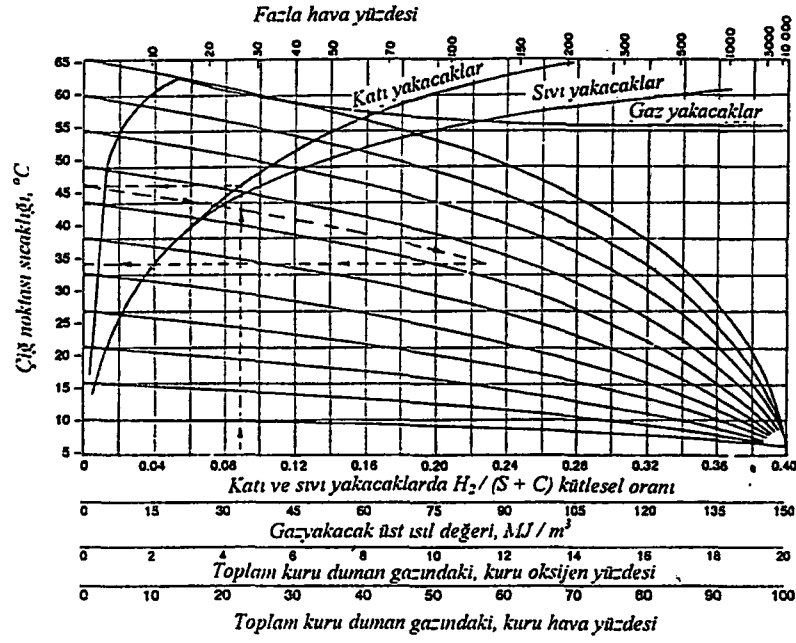
Diğer bir örnek olarak üst ısı değeri 38 MJ / m³ olan bir doğal gazın % 31,5 fazla hava ile yakılması durumundaki çığ noktası sıcaklığı bulmak istensin. Benzer işlemler ile teorik çığ noktası sıcaklığı 59 °C, gerçek çığ noktası sıcaklığı ise 53 °C olarak okunur.

Şekil 2.11' de görüldüğü gibi baca gazındaki kükürtdioksit ve özellikle kükürt-trioksidin bulunması duman gazındaki yoğunlaşan su buharının kısmi basıncına etki eder ve çığ noktası sıcaklığını 14 ila 42 °C arttırabilir. Örnek olarak üst ısı değeri 20,49 MJ / m³ olan bir üretim gazının % 40 fazla hava ile yakılması ve duman gazındaki kükürt miktarının 343 mg / m³ olması durumunda $\frac{343}{20,49} = 16,74$ değeri

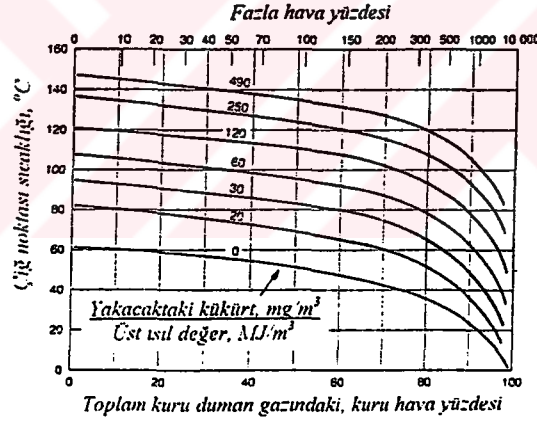
için Şekil 2.11' deki eğri kullanılarak çığ noktası sıcaklığı 71 °C bulunabilir. Dikkat edilirse içinde kükürt olmayan bir yakacağın % 40 fazla hava ile yakılması durumunda bu sıcaklık 53 °C değerindedir.



Şekil 2.9 Duman gazı içindeki su buharı yüzdesi ile çığ noktası sıcaklığının değişimi. [6]



Şekil 2.10 Endüstriyel yakacıklardan çıkan duman gazındaki çiğ noktası sıcaklıklarının bulunuşu. [6]



Şekil 2.11 Çiğ noktası sıcaklığına , kükürt oksitlerin etkisi. [6]

2.5.- Tasarımda Dikkat Edilecek Noktalar

2.5.1 - Neden bir bacaya ihtiyacımız var?

Isı sistemlerinde yakıtın yanması sonucu açığa çıkan egzoz gazının ortamdan uzaklaştırılması için bir bacaya ihtiyacımız vardır. Baca, bu görevini yaparken de

yanmanın sağlanabilmesi için gerekli vakumu da oluşturur. Aynı zamanda baca gazı içerisinde bulunan zehirli bileşenlerin insanlara olan etkisini azaltabilmek için gazın yüksekte havaya bırakılmasını sağlar.

2.5.2 - Kaç tip baca vardır?

Bacalar, beton, tuğla, çelik veya plastik yapılabilir. Bazen kendi kendini taşıyabilen, yere monte edilebilen, bazende çelik konstrüksiyona veya yanda bulunan mevcut yapıya dayandırılarak kurulan, veya gerdirme halatları vasıtasıyla dik durması sağlanan bacalar olabilir. Plastik bacalar ise bu şekilde bir saporta gereksinim duyarlar. Baca tipinin seçimi yapacağı işle ilgili olarak veya fiyat ve konstrüksiyon şekli ve süresine bağlı olarak tespit edilmektedir.

Baca, binalarda en yüksek yapı olduğu için, mimarlar genellikle mimari için bacanın şeklini değiştirmeye çalışırlar. Bu düzenleme dikkatle yapılmalı ve bacanın orijinal silindirik veya konik şeklinden uzaklaşılmalıdır. Karmaşık şekillerde yapılan bacalar teknik anlamda bir çok sorunlar doğurur, rüzgar direnci artabilir, bununla birlikte maliyetler artar. Beton bacalar genellikle sıcak gazın yaratmış olduğu etkilerden korunabilmesi için içine bir veya daha fazla kılıf (ateş tuğlası veya çelik baca) geçirilerek inşa edilirler.

2.5.3 – Kim projelendirmelidir?

Bacanın dizaynını yapabilmek çok ciddi çalışma gerektirdiği gibi aynı zamanda diğer mühendislik bilimlerinden de bilgi birikimi gerektirir (Yanma, metalurji, diğer malzeme, makine, özel ve yapı mühendisliği). Bacanın dizaynını yapacak olan kişi hem mühendis olmalı hem de baca dizaynında uzman olmalıdır.

2.5.4- Öncelikle hangi kararlar gereklidir?

Yeni bir bacanın inşasında öncelik, iş sahibinin gerekli kararı vermesindeki kesinliktir.

* Baca gazının hava kirletme etkisi göz önüne alınarak baca gazı filtresi yapılması veya bacanın yüksek inşa edilmesi (filtre edilmemiş gazı mümkün olduğunca yer seviyesinden uzağa atabilmek).

* Genellikle bakım maliyetleri ile bakım sıklığı ve bacanın maliyeti arasında ters orantı mevcuttur. İnşa edilecek olan bacanın maliyeti yüksek ise yapılması gereken bakım sayısı az ve bakım maliyetleri düşük olacaktır. Bu yüzden karar kullanıcının bakım ve kullanma şekline göre bacayı yaptıracak olan firmaya bağlıdır.

1- Baca bakımları için ne kadar sıklıkta kazanları kapatabilirsiniz.

2- Acil tamir ve bakımlar için planda olmayan kazan kapatmalarının ekonomik boyutu nedir?

* Gelecekte işletim operasyonunda değişiklik olması durumunun mümkün olabilirliği göz önünde bulundurulmalıdır. Farz edelim ki bir değişiklik söz konusu oldu. Bu durumda dizaynı, mevcut baca üzerinde yapılacak bir değişiklikle yeni sisteme geçilebilmesi için tavsiye verebilmelidir.

İşletim değişikliklerine örnek olarak;

1- Sisteme yeni bir desülfürizasyon cihazı veya diğer filtre cihazlarının monte edilmesi veya var olanın çıkartılması.

2- Sisteme yeni bir yanma havası ön ısıtıcısının monte edilmesi veya çıkarılması.

3- Yakıt değişimi.

4- Kazanların yerinin değişmesi.

5- Operasyon modlarının değişimi, sürekli veya kesintili çalışma şeklinde.

* Kazan dairesinde baca kazana mümkün olan en kısa mesafede olmalıdır. Aynı zamanda baca çekişini etkileyecek yüksek binalardan uzak olmalıdır.

* Birden fazla kazan bir bacaya bağlanacaksa her bir kazan için ayrı bir yatay baca yapmak faydalıdır. Baca gazının filtre edilmesi düşünülüyorsa bir de by-pass kanalının yapılması gerekir. [10]

3. BACA ÇAPININ DIN 4705 'E GÖRE HESABI

Baca hesabı ile ilgili geniş bilgi DIN 4705 de ve TS 2165 ile TS 11389 'de vardır.

Bacanın boyutlandırılmasında gerekli olan ana veriler şunlardır ;

- Yakacak cinsi
- Kazan ve brülör özellikleri
- Deniz seviyesinden jeodezik yükseklik
- Baca gazı miktarı
- Baca gazının kazandan çıkış sıcaklığı
- Kazanın bulunduğu hacime giden havanın , kazanın ve bağlantı parçalarının gerekli üfleme basınçları
- Bağlantı parçasının konstrüksiyonu ve uzunluğu
- Baca malzemesi, konstrüksiyonu ve yüksekliği

3.1.Hesaplar İçin Ana Değerler :

Dış Hava Basıncı (N/ m²) : p_L

$$p_L = p_{Lo} \times e^{(-gZ)/(R_L \cdot T_L)} - 4300 \quad (3.1) \quad [11]$$

Tablo 3.1

p_{Lo} = deniz seviyesindeki dış hava basıncı

=101320 Pa / 15°C

g = yer çekimi ivesi 9,81 m/s²

R_L = havanın gaz sabiti J/kg K

= 287 J/kg K alınacaktır.

T_L = dış hava sıcaklığı

(15°C alınacaktır => $T_L=288$ K)

Z = jeodezik yükseklik (m)

4300 = dış hava basıncının hava şartlarına

bağlı olarak dalgalanmasına karşılamak üzere bir sayıdır. (Pa)

Yükseklik	Alınan değer
0 m	97000 N/m ²
200 m	94500 N/ m ²
400 m	92000 N/ m ²
600 m	90000 N/ m ²
800 m	88000 N/ m ²

Pratikte yaklaşık Tablo 3.1'deki değerler alınır.

Dış Hava Sıcaklığı (K) : T_L

$$T_L = 273 + T(^{\circ}\text{C}) \quad (3.2)$$

Dış Hava Yoğunluğu (kg/m³) : ρ_L

$$\rho_L = p_L / 287 \times T_L \quad (3.3)$$

Atık Gaz Sabiti (J/kg K) : R_G

R_G : 290 (fuel-oil) ;

R_G : 300 (doğal gaz)

Atık Gaz Özgül Isısı (J/kg K) : C_p

C_p : 1050 (fuel-oil- 200 °C için)

C_p : 1100 (doğal gaz 200 °C için)

Akış Emniyet Sayısı (-) : S_E

S_E : 1,5

3.2. Hesaplamalar

3.2.1. Atık Gaz Debisi (kg/s) : $\dot{m}$

Tanımlar ;

P_w : Isı kaynağı için gerekli akma basıncı Pa

$\dot{m}$: Atık gaz miktarı (kg/s)

$\sigma(\text{CO}_2)$: Karbondioksitin hacimsel miktarı (%)

Q_N : Kazan kapasitesi (kW)

η_w : Kazan verimi

Tablo-3.2 : TS 4040 ve TS 4041'e uygun kazanlar için esas değerler [5,11,13]

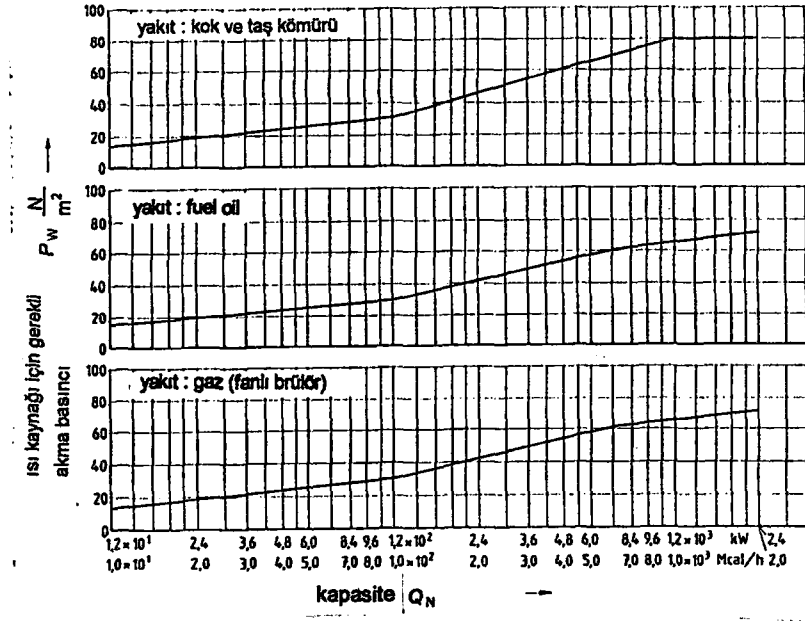
Yakıtın Cinsi	P_w, η_w ve $\sigma(\text{CO}_2)$ için formüller		
Taş Kömürü linyit briketi	$P_w = 15.lg Q_N$	için (Pa)	$Q_N \leq 100 \text{ kW}$
	$P_w = -70+50.lg Q_N$	için (Pa)	$100 \text{ kW} < Q_N \leq 1000 \text{ kW}$
	$P_w = 80 \text{ Pa}$		$Q_N > 1000 \text{ kW}$
	$\eta_w = 68,65+4,35.lg Q_N$	için (%)	$Q_N \leq 2000 \text{ kW}$
	$\sigma(\text{CO}_2) = 9,5 \%$	için	$Q_N \leq 100 \text{ kW}$
	$\sigma(\text{CO}_2) = 4,1+2,7.lg Q_N$	için (%)	$100 \text{ kW} < Q_N \leq 2000 \text{ kW}$
Odun (%23,1 nemli)	$P_w = 15.lg Q_N$	için (Pa)	$Q_N \leq 50 \text{ kW}$
	$P_w = 27+13.lg Q_N$	için (Pa)	özel kazanlar için
			$100 \text{ kW} < Q_N \leq 350 \text{ kW}$
	$\eta_w = 51,6+8,74.lg Q_N$	için (%)	$Q_N \leq 1000 \text{ kW}$
	$\sigma(\text{CO}_2) = 8,0 \%$	için	$Q_N \leq 10 \text{ kW}$
	$\sigma(\text{CO}_2) = 6,0+2,0.lg Q_N$	için (%)	$10 \text{ kW} < Q_N \leq 1000 \text{ kW}$
(üfleli brülörlü ve üflemez brülörlü)	$P_w = 15.lg Q_N$	için (Pa)	$Q_N \leq 100 \text{ kW}$
	$P_w = -47+38,5.lg Q_N$	için (Pa)	$Q_N > 100 \text{ kW}$
	$\eta_w = 85,0+1,0.lg Q_N$	için (%)	$Q_N \leq 1000 \text{ kW}$
	$\eta_w = 88\%$	için	$Q_N > 1000 \text{ kW}$
	$\sigma(\text{CO}_2) = \frac{f_{x1}}{1-f_{x2}.lg Q_N}$	için (%)	$Q_N \leq 100 \text{ kW}$
Yağ yakıt ve Gaz yakıt	$\sigma(\text{CO}_2) = f_{x3}$	için (%)	$Q_N > 100 \text{ kW}$

Tablo 3.3 - Yağ yakıt ve gaz brülörlerinde $\sigma(\text{CO}_2)$ 'in Tayini için f_{x1}, f_{x2}, f_{x3} Değerleri

Yakıtın Cinsi	Üfleme Brülörlü			Üflemez Brülörlü *		
	f_{x1}	f_{x2}	f_{x3}	f_{x1}	f_{x2}	f_{x3}
Yağ yakıt	11,2	0,076	13,2	-	-	-
Doğal gaz	8,6	0,078	10,2	5,1	0,075	6,0
Hava gaz (Berlin)	8,5	0,079	10,1	4,9	0,078	5,8
Hava gaz (GSP Lch)	8,9	0,076	10,5	5,2	0,074	6,1
Likit petrol gazı (LPG)	10	0,080	11,9	5,9	0,079	7,0

*) Akış emniyet tertibatının arkasındaki değerlerdir.

Yukarıdaki tablonun grafik gösterimi Şekil 3.1 'de verilmiştir.



Şekil 3.1 Yakıt cinsine göre kazanların akma basıncının bulunması. [13]

Atık gaz miktarını kapasiteye, yakıt cinsine ve CO₂ yüzdesine göre Şekil 3.2' den hesaplanır.

3.2.2. Geçici Kesitin Hesaplanması : A'

Tanımlar ; A' : Geçici kesit (m²) - Şekil 3.3' den bulunur.

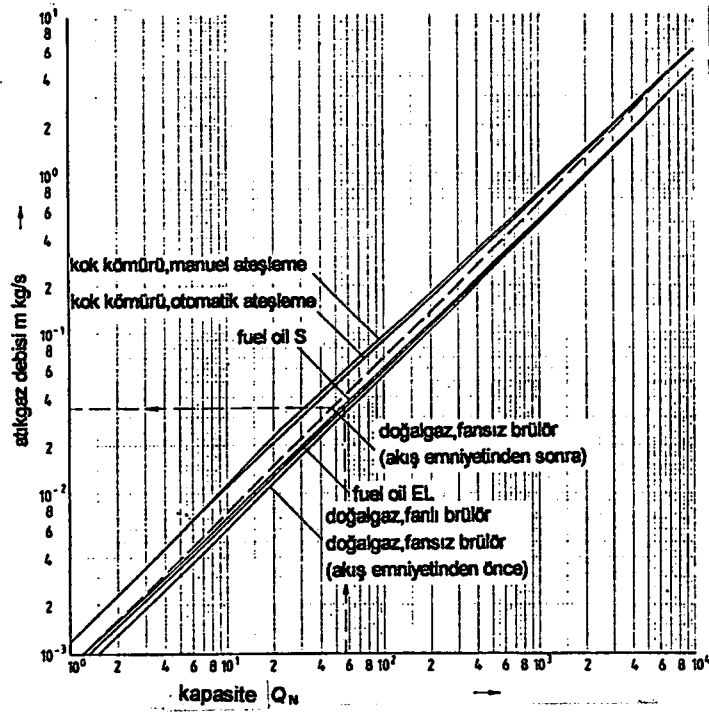
$$A' = \frac{\pi \times D_h^2}{4} \Rightarrow D_h = \sqrt{\frac{4xA'}{\pi}} \quad (3.4)$$

Bulunan kesit değerinden D_h (çap) hesaplanarak standart çaplardan en yakın büyük çap seçilir.

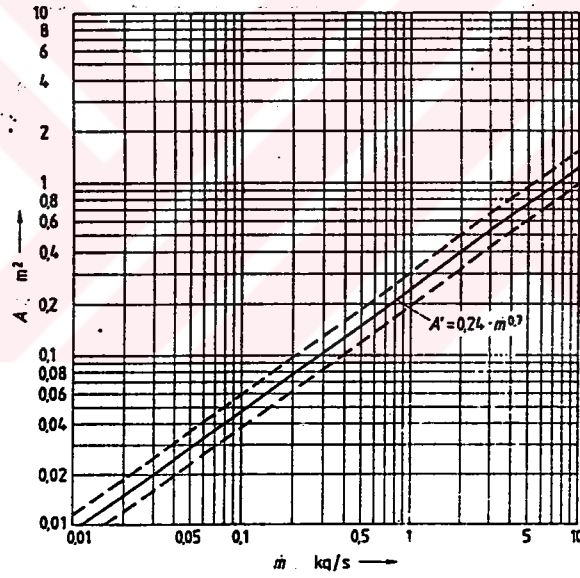
3.2.3. Bacadaki Ortalama Atık Gaz Hızı : w

w : Ortalama hız değeri (m/s) ρ : Yoğunluk = 0,7 kg/m³

$$A' = \dot{m} / (w \times \rho) \quad (3.5) \Rightarrow w = \dot{m} / (A' \times \rho)$$



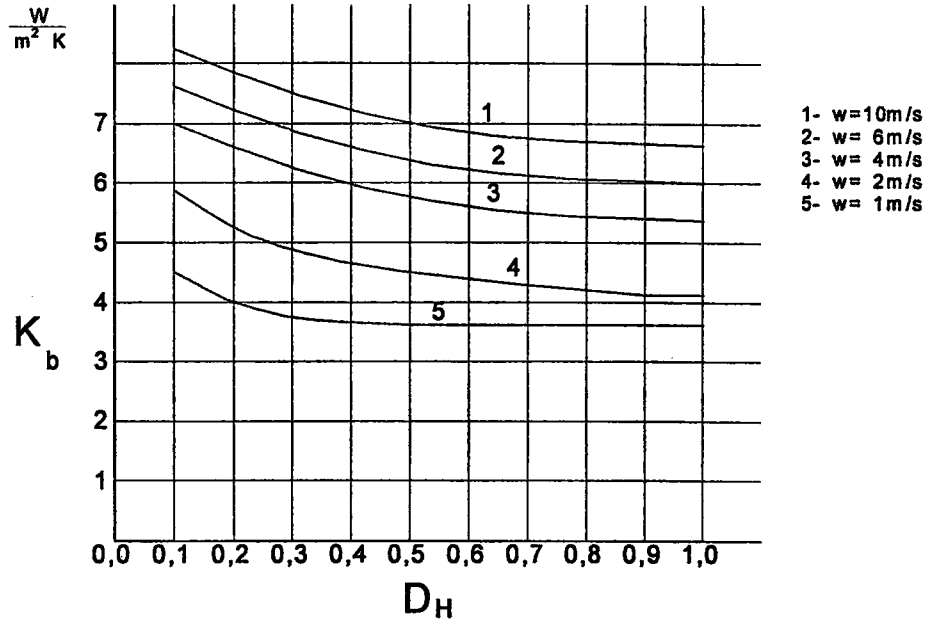
Şekil 3.2 Atık gaz miktarının bulunması. [13]



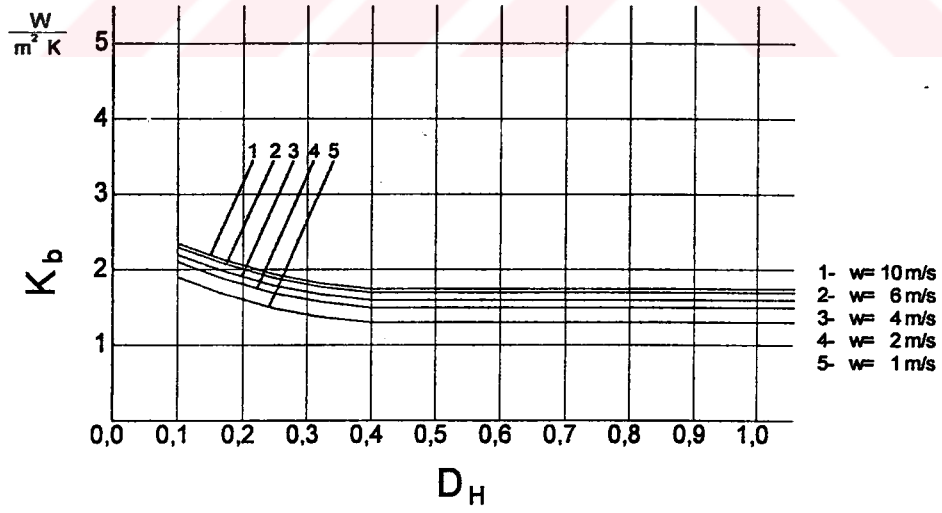
Şekil 3.3 Geçici kesitin bulunması. [13]

3.2.4. Isı Geçiş Katsayısı (K_b) :

Şekil 3.4 ve 3.5 'den izolasyonu yapılmamış bacalarda ve izolasyonlu bacalardaki birim alandaki ısı geçiş katsayıları çapa ve hız değişimine göre bulunabilir.



Şekil 3.4 Tek cidarlı bacalar.



Şekil 3.5 İzolasyonlu bacalar.

3.2.5 Soğutma Sayısı (-) : K_s

Tanımlar : U : Bacanın çevresi (m) HL : Baca uzunluğu (m)

$$K_s = (U \times HL \times K_b) / \dot{m} \times C_p \quad (3.6)$$

3.2.6. Atık Gazın Ortalama Sıcaklığı (K) : T_m

Tanımlar : T_m : Ortalama atık gaz sıcaklığı (K)

T_e : Baca girişindeki atık gaz sıcaklığı (K)

T_w : Kazan çıkışındaki girişindeki atık gaz sıcaklığı (K)

$$T_e = T_L + (T_w - T_L) \times e^{-K_s} \quad (3.7)$$

$$T_m = (T_L + ((T_e - T_L) / K_s) \times (1 - e^{-K_s})) \quad (3.8)$$

3.2.7. Atık Gazın Ortalama Yoğunluğu (kg/m³) : ρ_m

$$\rho_m = p_L / R_G \times T_m \quad (3.9)$$

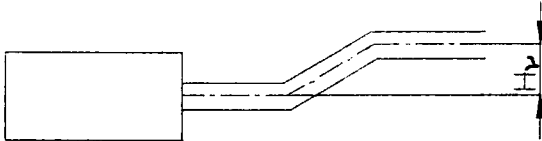
3.2.8. Atık Gazın Ortalama Hızı (m/s) : w_m

Tanımlar: A' : Kesit (m²)

$$w_m = \dot{m} / A' \times \rho_m \quad (3.10)$$

3.2.9. Atık Gaz Kanalı Statik Basıncı (Pa) : P_{Hv}

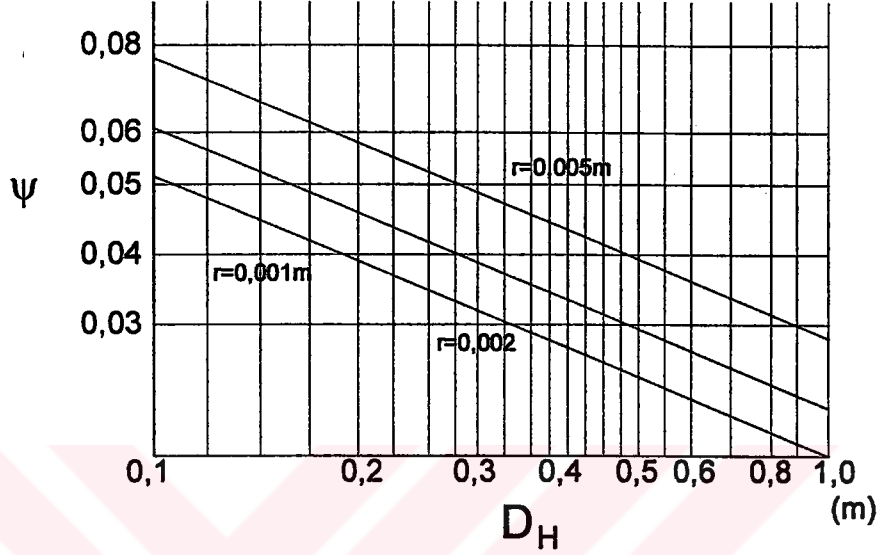
Tanımlar: g : Yerçekimi ivmesi = 9,81 m/s² , H_v : duman kanalı yükselmesi



$$P_{Hv} = H_v \times g \times (\rho_L - \rho_m) \quad (3.11)$$

3.2.10. Sürtünme Sayısı: ψ

Paslanmaz çelik bacalarda pürüzlülük 0,001 civarındadır. Buna göre sürtünme sayısı Şekil 3. 6 ‘ten bulunabilir.



Şekil 3.6 Çapa göre sürtünme sayısının değişimi.

3.2.11 Atık Gaz Kanalı Direnç Hesabı($\sum \zeta$), Şekil Sürtünme Basıncı (P_{EV})

Tanımlar: Duman kanalı uzunluğu : L_v (Açındırılmış – m)

Şekil 3.7 ‘de baca sisteminde kullanılan elemanlara göre direnç katsayıları verilmektedir. Bu katsayılar toplanarak sistemin oluşturacağı toplam direnç hesaplanır.

Buna göre basınç hesabı ; (Burada hız değişiminin olmadığı varsayılmıştır.)

$$P_{EV} = ((\psi \times (L_v / D_H) + \sum \zeta) \times (\rho_m \times w_m^2 / 2)) \quad (3.12)$$

Duman kanalı direnç basıncı (Pa):

$$P_{RV} = S_E \times P_{EV} \quad (3.13)$$

3.2.14. Baca Direnç Hesabı ($\sum \zeta$), Sürtünme Basıncı (Pa): P_R

Şekil (3.7)' de baca sisteminde kullanılan elemanlara göre direnç katsayıları verilmektedir. Bu katsayılar toplanarak sistemin oluşturacağı toplam direnç hesaplanır.

Buna göre basınç hesabı ;

$$P_E = ((\psi \times (H_B / D_H) + \sum \zeta) \times (\rho_m \times w_m^2 / 2)) \quad (3.17)$$

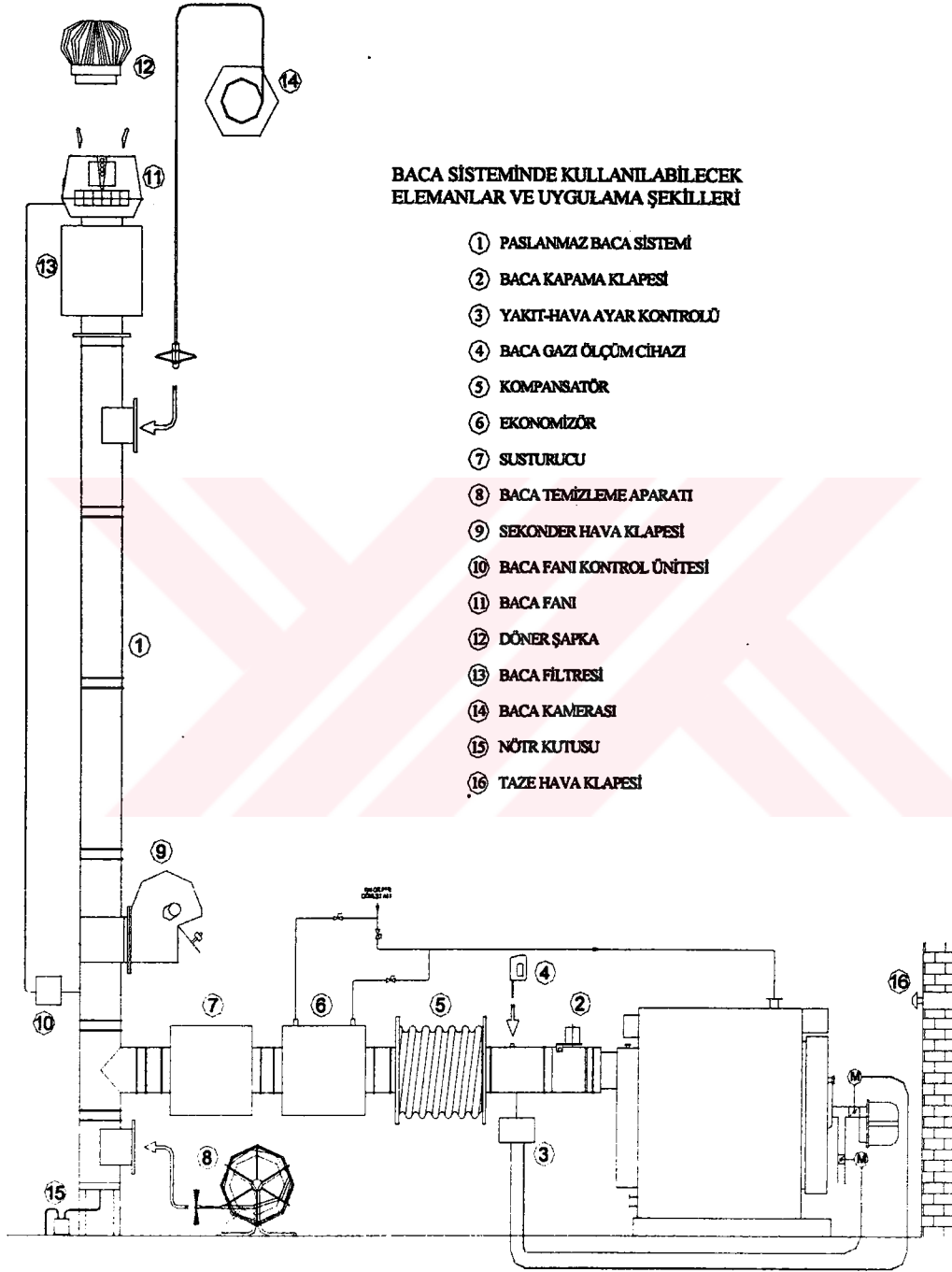
$$P_R = S_E \times P_E \quad (3.18)$$

3.2.15. Bacaya Girişte Gerekli Atmosfer Altı Basınç (Pa) : P_Z

$$P_Z = P_H - P_R \quad (3.19)$$

SONUÇ: $P_Z - P_{ZE} > 0$ şartını sağlayan baca çapı uygundur.

4. UYGULAMALARDAKİ BACA SORUNLARI VE BACA ELEMANLARI



Şekil 4.1 [22]

4.1.Çekiş Zayıflığı : Fanlar

Baca sistemlerinde en çok karşılaşılan problemlerden biri de baca çekişinin yetersizliğidir. Bunun çeşitli nedenleri olabilir.

- Baca çapı gerektiğinden küçük seçilmiştir,
- Yeterli izolasyon yapılmadığından yoğuşmanın getirdiği çekiş yetersizliği vardır,
- Birden fazla cihaz aynı bacaya bağlanmıştır,
- Çap hesabının yapıldığı yakıttan farklı bir yakıt kullanılmıştır,
- Baca yüksekliği yeterli değildir,
- Ters rüzgarların etkisi fazladır,
- Sistemde gereğinden fazla direnç vardır,

Yukarıda saydığımız problemleri oluşturan etkenleri değiştiremiyorsak çekişe yardımcı elemanlar kullanılmalıdır. Bunlar aşağıda kısaca açıklanmıştır:

- Rüzgar Fanları (Döner Şapkalar)
- Motorlu Fanlar (Sıcağa Dayanıklı Baca Fanları)
 - a) Emiş Fanları
 - b) Üfleme Fanlar

4.1.1.Rüzgar Fanları (Döner Şapkalar):

Hiçbir yardımcı elektrik gücü gerektirmeyen ve rüzgar kuvveti ile doğru orantılı çekiş yapabilen döner şapkalar aşağıdaki durumlarda kullanılır.

- Şömine, soba ve fırınlarda yetersiz çekişin olduğu durumlarda.
- Mutfak havalandırmalarında.
- Davlumbaz bacalarında.
- Şaft, depo türü mahal havalandırmalarında.

Her sistemde kullanılmasının sebebi, çekişin rüzgara bağlı olmasından dolayı yetersiz veya çok fazla çekme ihtimali olduğundan bağlandığı sistemi negatif yönde etkilemesidir.

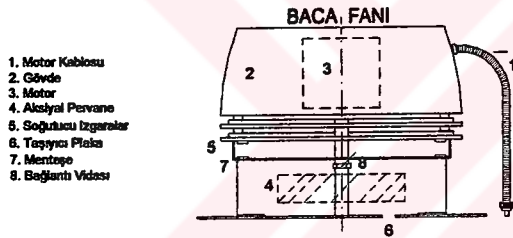
Hava şartlarından kesinlikle etkilenmeyen, yağmura karşı sızdırmazlığı mükemmel olan, yatakları yüksek ısıya dayanıklı gres ile doldurulmuş olan döner şapkalar tercih edilmelidir. Bu sistemler minimum 17 m³/h hava debisi ile çalışabilmektedir. Baca sisteminin en üst noktasma konulmasından dolayı bacada bir vakum oluşturmaktadır.

4.1.2.Motorlu Fanlar:

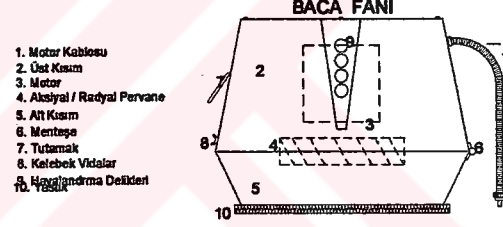
Elektrik gücü ile çalışan vantilatör sistemleridir. Baca sistemleri içerisinde yarattıkları pozitif veya negatif basınçlara göre ikiye ayrılırlar.

4.1.2.1.Emiş Fanları:

Emiş fanları, bacanın üst tarafına monte edilir ve kazandan çıkan baca gazı emilerek atmosfere atılır. Emmeli halde fan, ya doğrudan doğruya baca ağzına yada bacanın ağzına yakın bir yere monte edilir.

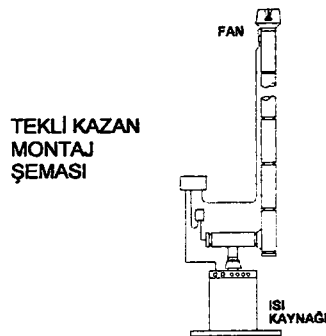


Şekil 4.2 Şömine ve katı yakıtlı sistemler için kullanılan bir fan örneği

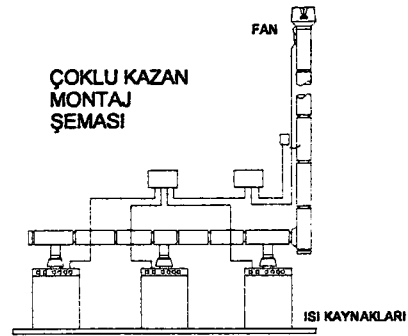


Şekil 4.3 Doğal gaz ve sıvı yakıtlı sistemler için kullanılan bir fan örneği

Kazan sayılarına göre montaj şekilleri iki çeşittir: tekli kazan ve çoklu kazan.



Şekil 4.4 Tekli kazanda



Şekil 4.5 Çoklu kazanda

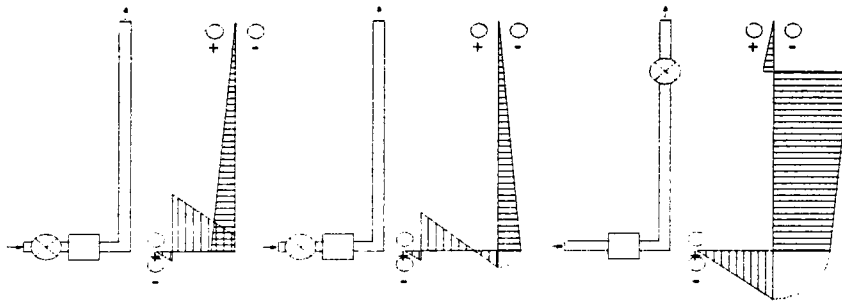
Ayrıca birden fazla ısı üreticisinin bir bacaya bağlandığı ve hepsinin aynı anda çalışmadığı durumlarda toplam kazan yüküne göre hesaplanmış baca kesitinin büyük olması, sonuçta yoğunlaşmanın artmasına, çekişin azalmasına ve tam yanmanın oluşmamasına neden olur. Bu tür durumlarda bacaya monte edilecek bir baca fanı ile; baca içerisinden geçen gazın hacmine göre (çalışan kazan yüküne göre) fan hızı ayarlanarak bacada negatif bir sabit basınç oluşturulur (basınç sensörü yardımı ile).

Sonuç olarak baca çekişinin optimum olması sağlanır. Böyle bir durumda tam yanma oluşur ve bacada yoğunlaşma azalır. Isı üreticilerinin farklı zamanlarda devreye girmesinde veya çıkmasında dahi, baca içerisindeki basınç farklarından dolayı fan devrini ayarlayarak optimal çekişi sağlayacaktır.

Oransal olarak çalışan kazanlarda baca hesabı maksimum kapasiteye göre yapıldığı için, kapasitenin oransal olarak düştüğü durumlarda baca kesitindeki fazlalık yoğunlaşmanın artmasına, çekişin azalmasına ve tam yanmanın oluşmamasına neden olur. Otomatik kontrollü fan ile, baca yüksekliği ve baca kesitine bağlı olmaksızın kapasitenin düştüğü durumlarda optimal çekiş ve tam yanma sağlanabilir.

4.1.2.2.Üfleli Fanlar:

Üfleli halde, sistemin çalışması gereği baca içerisinde pozitif basınç oluşur. Böyle bir durumda bacanın çok sıkı ve sızdırmaz olarak imal edilmiş olmalarını gerektirmektedir. Bu sisteme birçok baca uymaz. Bu tür birçok sistem yetersiz çekişin olması durumunda brülörü kapatmaz ve hız kontrolü yapamaz.



Şekil 4.6 Fanlı ocak ve bacalarda basınç değişimleri [1]

Şekil 4.6' da birinci durumda ocak ve bacada üst basınç oluşur (üfleme hal). İkinci durumda ocakta üst basınç , bacada alt basınç-vakum- oluşur (üfleme hal). Son durumda ise ocak ve bacada alt basınç-vakum- oluşur (emme hal).

4.2.Çekiş Fazlalığı : Sekonder Hava Klapesi

Ek havanın baca içerisine girmesiyle baca gazının hızını arttırarak-yoğuşma-çiğ noktasını düşürür ve brülör çalışmadığı zamanlarda-kazanın yanmadığı ara sürelerde de havalandırma yaparak baca içindeki ıslaklığı kurutmak için kullanılır. Sekonder hava klapesi-çekiş düzenleyicisi- ayrıca yanmanın hava çekişindeki değişimlerden etkilenmeden düzenli olmasını da sağlar. Yan hava kazan-baca bağlantı deliğinin üst tarafından verilir. Giren yan hava miktarı giriş ağzındaki kapak (klape) ile ayarlanır ve kapağın alt tarafındaki karşı ağırlığın ayarı ile de kapak (klape) açıklığı istenilen durumda tutulur.

Yan hava elemanları üç grupta toplanır:

- Bacadaki alt basınca (vakuma) bağlı olarak kapağın (klapenin) açılıp yan havanın bacaya girdiği hal. Bu hal çekiş sınırlandırıcı olarak da adlandırılır.
- Kazanın yanmadığı ara sürelerde (brülörün çalışmadığı zamanlarda) ikaz (uyarı) akımı ile çalışan bir elektrik motoru yardımıyla yan hava deliğinin kapağının (klapesinin) uygun miktarlarda açılıp kapandığı hal.
- İlk iki halin kombine olarak çalışma hali.

Optimal bir çalıştırma için gerekli ön koşullar sadece talimatlara uymakla değil, ancak öncelikle teknik bilgi, ilave hava tertibatlarının doğru seçimi, montajı ve de tesisi ile yerine getirilebilir.

Çekiş sınırlayıcıda ayar konumunda atık gaz tesisatının yukarıya doğru basıncı tarafından belirlenen ayar ağırlıklarının açılma gücü ve kapama gücü (terazi prensibi) arasında bir denge meydana gelir. Atık gaz tesisatının sıcak atık gazlarına, azaltılan termik yukarıya doğru basınçta yanma biriminin arzu edilen değerine - asgari çekiş ihtiyacına - göre indirgenmiş olan artan akım direnci kadar soğuk hava ile otomatik olarak karıştırılır. İçeri akan hava sayesinde yoğunlaşma noktası düşürülür (daha yüksek hava fazlalığı düşük CO₂ içeriği). Atık gaz/hava miktarının arttırılan hızı ve

atık gaz tesisatının içindeki ve çevresindeki sınırlı hararet farkı ile birlikte böylece terleme oluşum eğilimi azalmış olur. Çekiş sınırlayıcıların ayar değeri üzerinde gerçekleşen bir yukarıya doğru basınca ilave olarak yanma biriminin ara verdiği durumlarda kazan dairesindeki oda havası ile atık gaz tesisatının havalandırılması sağlanır. Fakat bu kurutma efekti düşen yukarıya doğru basınçla (değişme periyodu) azalır ve eğer çekiş sınırlayıcıdaki ayar değerine ulaşamazsa tamamen ortadan kalkar. Kapatılmış kapama diskine doğrudan bir kavrama sayesinde ilave hava girişinin tıkaç klapesi mecburi ve otomatik olarak açılır. Tatbik için ayrıca sızdırmaz klapelelerine benzer motor kumandalı kapama klapeleleri kullanılır, fakat bu da “akımsız açık” uygulamalarda montajı ya atık gaz tesisatının yanağında yada bağlantı parçasında kol olarak gerçekleştirilebilir. Daha büyük atık gaz tesisatları için motorlu mecburi kumandalı fazla basınç klapeli bir ilave hava tertibatı gerekir.

Kombine edilmiş ilave hava tertibatında çekiş sınırlayıcının ayar diskini ile oluşturulan açıklık, mecburi kumandalı ilave hava açıklığı olarak kullanılır. Bir çekiş sınırlayıcıda gerçekleştirilen ve sonradan de monte edilebilen motor kumandası, ayar diskini ile gevşek bir etki bağlantısına sahiptir. Yanma birimi çalışma dışı kaldığı sürece motor kumandasının bir tespit pimi ayar diskini açık konuma getirir, ki böylece en büyük kurutma efekti de elde edilmiş olur. Motor kumandasının seçimine göre bacanın havalandırma süresi 10 dakikayla sınırlandırılabilir. Isıtıcının devreye girmesi gerekiyorsa eğer, ilk önce motor kumandası akım alır ve tespit pimi ayar diskini serbest bırakır, böylece bu, atık gaz tesisatındaki yukarıya doğru basınca uygun olarak ayarlanabilir. Ancak motor kumandası son pozisyonuna ulaştığında durdurma şalteri aracı aracılığıyla ateşleme serbest bırakılır. Burada da motor kumandalı bir atık gaz klapesiyle aynı yüksek teknik emniyet talepleri geçerlidir.

Mecburi kumandalı ve kombine edilmiş ilave hava tertibatları yanma birimleri için katı yakıtlar uygun değildir. Ayrıca DIN 4795'e göre ilave hava tertibatları esas olarak sadece DIN 4705 hükümlerine uygun olarak alt basınçla çalıştırılan atık gaz tesisatlarında kullanılmalıdır.

Her yanma birimi, sadece model levhası veya teknik dokümanlarda belirtilmiş “asgari çekiş ihtiyacında” optimal etki derecesine sahip olur. Atık gaz tesisatının uygun olmayan bir çalıştırma durumu için uyarlanmış olduğundan, yukarıya doğru basınç hemen hemen her çalışma anında yanma birimi için gerekli olandan daha

yüksektir. Sonuç fazla yüksek bir atık gaz kaybıdır. Ayrıca düzensiz yukarıya doğru basınçta fanlı brülörünün optimal olarak ayarlanmasında zorluklar meydana gelir. Fazla yüksek yukarıya doğru basınç atık gaz/hava klapesi olmayan ısı jeneratörlerinde ayrıca brülörün çalışmaya ara verdiği durumlarda durma anı kayıplarını da arttırır. Çekiş sınırlayıcı veya bir kombine edilmiş ilave hava tertibatı sabit bir yukarıya doğru basınç ve böylece de yanma birimi için eşit kalmaya devam eden optimal çalışma koşullarını sağlar.

Isınma modernizasyonunda normal durumlarda daha küçük performanslı ısı jeneratörleri monte edilir. Daha düşük atık gaz miktarları, daha düşük atık gaz sıcaklıkları ve de yanma esnasında daha az hava fazlalığı (daha yüksek CO₂ içeriği) mevcut bacalara bağlantıların nemlenmesi tehlikesini arttırır. İlave hava tertibatları atık gaz tesisatının tatbik sahası esaslı şekilde genişletme ve yeni yanma birimine uyarılma imkanı sağlamaktadır. Bununla birlikte motor kumandalı kombine edilmiş hava tertibatı ayırt edici avantajlar sunmaktadır.

Baca Temizleyicileri Sanatkarları Merkezi Loncalar Birliği teknik bölümü çalışma formları AB 801 (Isı Geçirgenliği Direnci Gurubu II) ve AB 802 (Grup III) 'de bir dizi diyagram yayınladı, ki bunlar sayesinde, çeşitli ilave hava tertibatlı veya tertibatsız, yanma biriminin etkin oranına ve atık gaz kaybına (atık gaz sıcaklığı) bağlı baca sistemlerinin tatbik sahası görülmektedir. Bu diyagramlardan bazıları, "Isı Kazanı Ve atık Gaz Tesisatı, Ayarlama ve Uyarılma Talimatları" FIGAWA – Broşüründe ve de " Isı Jeneratörü Ayarlama – Atık gaz tesisatı, Isıtma Tesisatı bugün – atık gaz tesisatı buna dahildir" Vdz-İşaret Formunda bulunmaktadır.

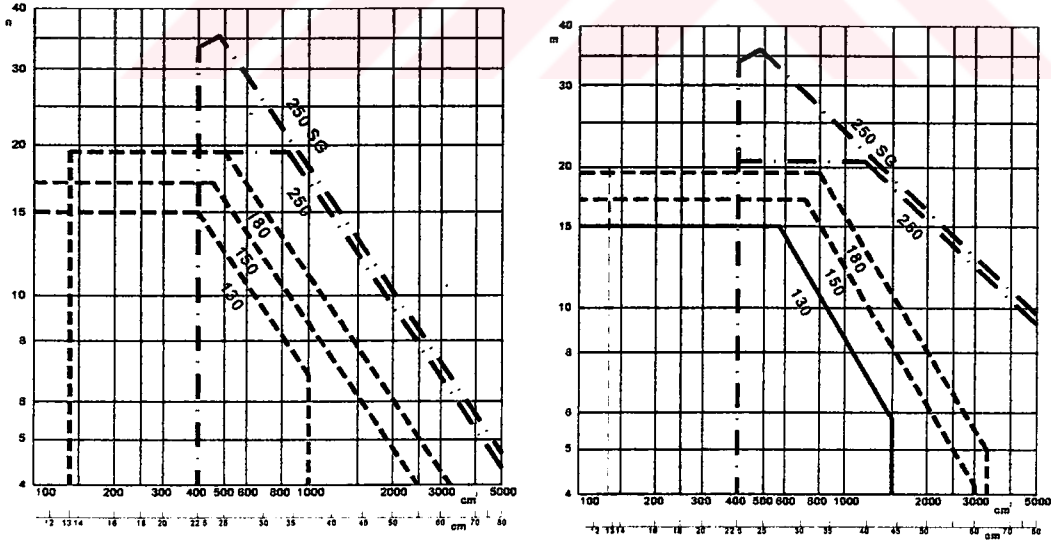
4.2.1. Seçme ve Büyüklük Tayini

İlave hava tertibatları hava performansına göre önceden verilmiş fark bacasına bağlı olarak Grup 1'den (en küçük hava performansı) 6'ya kadar ayrılır. Bununla birlikte atık gaz tesisatının yüksekliği, enine kesit ve de imal türü tatbik sınırlarını belirler ve yanma biriminin ısıtma performansını sınırlar. İlave hava tertibatları üreticileri tablolar, diyagramlar (Şekil 4.7) veya bir seçme sürümü sayesinde uygun büyüklüğün seçimine olanak verir. DIN 4795'den tablo 2'nin temel teşkil eden değerleri ΔP 20 Pa 350 kW lık bir ısıtma performansı için atık gaz kütlesi akımının %50 lik bir ilave hava miktarı ile birlikte, 260°C lik atık gaz sıcaklığıdır, baca enine

kesitin hesaplanması DIN 4705 bölüm 1'e göre ve de 20m'lik etkin bir yükseklik. Belirli bir tesisat için gerekli alt basınca bağlı ilave hava miktarı ve böylece de çekiş sınırlayıcı uygun hava performansı tahmini formüle göre bulunabilir.

$$\text{İlave hava miktarı } m^3/h = \text{Baca enine kesiti } (m^2) \times \text{yükseklik}(m) \times \text{atık gaz tesisatının sınır performansı } (kW). \quad (4.1)$$

Atık gaz tesisatının icrası ve hesaplanması için uygun gelen sınır performansı, yanma birimin izin verilen azami kW olarak ısıtma performansı üzerinden çeşitli baca üreticilerinin hesaplama diyagramlarından yapılmaktadır. Örneğin, icra türü II 20 cm lik (0,03 m² enine kesit) çapa ve 18 m lik etkin yüksekliğe sahip bir baca için 140°C lik bir atık gaz girişinde 10 Pa lik bir gerekli alt basınçta, 0,09 kg/s lik bir azami atık gaz maddesi akışı ihtiva eder. Örneğin, 5 Pa lik basınç farkında burada bir grup 4 çekiş sınırlayıcının montajı, yüksek hava basıncına ve düşük dış sıcaklığına (yüksek baca alt basıncı) sahip günlerde ayarlanmış nominal değerin sabit tutulmamasına yol açar. Amaca uygun olan montaj yerinin belirlenmesi ilave hava tertibatının hangi görevi yerine getireceğine bağlıdır.



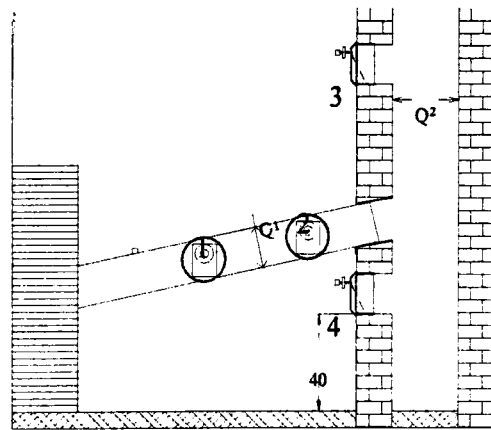
Şekil 4.7 Çekiş sınırlayıcılar için seçme diyagramı. [14]

Tablo 4.1 Çekiş sınırlayıcı çaplarına göre geçen debi (m³/h) miktarları

Basınç farkı	130	150	180	250
ΔP 5 Pa	75	140	190	220
ΔP 20 Pa	130	220	275	380
ΔP 40 Pa	160	300	360	525

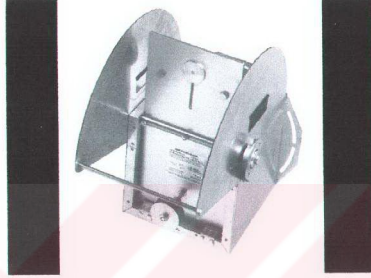
Şekil 4.8'e göre montaj olanakları olarak bağlantı parçası hemen atık gaz dayanağından ardından (pozisyon 1) ve de bağlantı parçasının üstünde duvarda (pozisyon 3) veya alt kısımda (pozisyon 4) sayılabilir.

Atık gaz tesisatındaki yukarıya doğru basıncın sınırlandırılması en iyi şekilde bağlantı parçasında montaj yeri 1'de elde edilir. Burada bağlantı parçasında ve ilave aşınmayı ve de düşürülmüş termik yukarıya doğru basınçla birlikte fazla alt basıncın yön değiştirmesini önlemek için oranlara uygun olarak düşük bir hava miktarı yeterli gelir. Uygulamada bu sayede bir çekiş sınırlayıcının tatbik sahası dokümanlarda belirtilen değerler üzerinden genişlemektedir. Montaj yerinin seçiminde, çekiş sınırlayıcının atık gaz tesisatının "sıfır noktasında" tertiplenmesine dikkat edilmelidir. Yanma biriminin hükümlerine uygun işletilmesinde burada bir fazla basınç meydana gelmemelidir. Bir bağlantı elemanındaki bağlantı daima atık gaz ses susturucusundan veya mevcut bir yön değiştiriciden (dirsek) sonra tertiplenmelidir.



Şekil 4.8 İlave hava tertibatının montaj olanakları. [1]

Büyük tesisatlarda brülörün çalıştırılmasında basınç klapeli bir çekiş sınırlayıcı ve yaklaşık 20 m üzeri baca yüksekliklerinde ayar diskini için ayrıca hidrolik amortisör donanımı kullanılmalıdır. (Şekil 4.9).Yüksek atık gaz tesisatlarında optimal ölçümlendirmede (olası küçük enine kesit) yanma biriminin çalıştırılması esnasında önemli atık gaz hızları meydana gelebilir. Ateşleme durdurulduğu taktirde atık gaz maddesi akışı durur ve atık gaz tesisatındaki alt basınç geçici olarak güçlü bir şekilde yükselir.



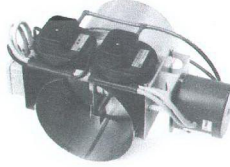
Şekil 4.9 Büyük tesisatlar için çekiş sınırlayıcı, 250 mm çaplı, hidrolik amortisörlü

Bunun sonucu olarak iletişim esnasında tam olarak açılmamış sıradan imalata sahip çekiş sınırlayıcı darbeleri bir şekilde açılır, ki bu durumda zedelenmeler meydana gelir.Burada sınırlı bir şekilde de olsa çekiş sınırlayıcının en düşük atık gaz hızına sahip bir yerde, yani büyük enine kesit ile tertip edilmesi yardımcı olabilir. Çekiş sınırlayıcının yüksek bir ayarlaması da, burada ayarlama diskinin sonradan açıldığından ve böylece büyük bir rezervin kullanıma girebildiğinden dolayı kendini pozitif olarak belli eder. Optimal işletme koşullarına, sadece Şekil 4.9'da gösterilen ağır icarlarda ayarlama diski için hidrolik amortisör tertibatına sahip tek bir çekiş sınırlayıcı olarak sağlar.

4.2.2.Fazla Basınçlı İşletimler İçin Atık Gaz Tesisatları

Atık gaz tesisatı fazla basınç için donatılmışsa (yanma değeri cihazları), DIN 4795'e göre bir ilave hava tertibatı uygun değildir. Belirli işletim koşullarında (büyük etkin yükseklik,rüzgar birikimi,kısmi yük işletimi) fakat bu tesisatlarda da istenilmeyen gereğinden fazla bir basınç meydana gelebilir, ki bu da yanma arızalarına yol açar. Burada yeni geliştirilmiş, basınç kumandalı şalterli, motor kumandalı sızdırmaz

kapama klapeli çekiş sınırlayıcı (Şekil 4.10) yardımcı olabilir.Alt basınçta kutuları üzerinden kumandayla kapama klapesi açılır,bu şekilde içeri akan ilave hava basıncı önceden belirlenen bir değere sabitler. Fonksiyonlar durdurma şalteri ile kontrol edilir.



Şekil 4.10 Atık gaz iletimi (fazla basınç) için mecburi kumandalı ilave hava tertibatı.

4.2.3.Çekiş İhtiyacının Ayarlanması

Fansız brülörlü gaz yakıtlı birimli tesisatlarda veya küçük performanslı ısıtma kazanlarında kural gereği 10 Pa lık bir çekiş ihtiyacı yeterlidir. Fazla yüksek ayarlanmış çekiş sınırlayıcılarda atık gaz kaybı ve tesisatının enerji tüketimi artar. Ayrıca ayarlama diski sonradan açılır ve böylece ilave hava için sınırlı bir enine kesiti serbest bırakılır. İlaveten ateşlemenin kapatılmasından sonra çekiş sınırlayıcı önceden kapanır, ki böylece atık gaz tesisatının havalandırılması azalır. Eğer bir çekiş sınırlayıcı gereğinden düşük olarak ayarlanırsa ve böylece yanma birimi için gerekli çekiş ihtiyacına ulaşılmazsa, yanma birimlerinde yanma arızaları meydana gelebilir. Bunun sonuçları; brülör alevlerinin geri tepmesi, ısıtma yüzeylerinde ve/veya bağlantı elemanında kurum çöküntüsü ve de fansız brülörlü gaz yakıtlı birimlerin akış emniyetinde uzun süreli atık gazın dışarı çıkması olabilir.

Çekiş sınırlayıcının ayarlanması tesisatın işletme konumunda, ayarlama ağırlıklarının çekiş sınırlayıcıda üreticinin verdiği bilgilere göre vidalanması ile gerçekleşir. Çekiş sınırlayıcı bağlantı elemanında hemen ölçü ağzının arkasında bulunuyorsa, ayarlama değeri ateşlemenin çekiş ihtiyacıyla aynıdır. Basınç kaybı için, atık gaz tesisatı duvarına montajda çekiş sınırlayıcı bağlantı ısı jeneratörünün dayanakları ile ilave tertibatının montajları arasında daha yükseğe ayarlanmalıdır, ki burada hareket değeri olarak metre başına uzunluk yaklaşık olarak 1 Pa ve her bir 90° -dönüş için ilave yaklaşık 0.5 Pa kullanılabilir. Esas olarak çekiş sınırlayıcının

ayarılanmasından sonra yanma biriminin bağlantı dayanağının hemen arkasındaki ölçüm ağızı gerekli çekiş ihtiyacının sağlanmış olup olmadığı kontrol edilmelidir.

4.2.4.Tesisatın İşletmesi İçin Bilgi

Yaz aylarında ve de geçiş dönemlerinde normalde yukarıya doğru basınç düşüktür ve ayarlama diski de böylece kapalıdır. Ancak yanma biriminin uzun süreli çalıştırılmasında çekiş sınırlayıcıdaki ayarlama değerine ulaşılır, bu şekilde ayarlama diski açılır. Serbest bırakılmış enine kesit bu arada giderek yükselen yukarıya doğru basınçla büyür. Yazın kapatılmış bir çekiş sınırlayıcı demek ki şikayet konusu olamaz! Yanma biriminin ara verdiği durumlarda atık gaz tesisatının havalandırılması ve kurtulması için kombine edilmiş veya mecburi kumandalı ilave hava tertibatı monte edildiyse, müşteri motor kumandasının amacı hakkında bilgilendirilmelidir.

4.3.Bacadan Kaynaklanan Isı Kayıpları : Baca Kapama Klapesi

Isı üreten cihazlardaki yanma olayı duraklamalarında ısı üreten cihazda bulunan ısı kapasitesinin, doğal taşınım ve baca çekışı yoluyla atmosfere (dış havaya) atılmasını önlemek için bacaya yani sıcak hava akımının olduğu boruyu (kanalı) kapatan tertibat özellikle yakıt tasarrufu yönünden çok önemlidir. Dikkat edilirse yan hava tertibatı, baca kapama tertibatından sonra takılmakta olup, hava kapama klapesi kapalı olduğu zamanlarda da işlemini yapmaktadır.

Brülör ve baca kapama tertibatının müşterek çalışması şu şekildedir:

1. Brülörün çalışmaya başlamasından 5 ile 10 saniye gibi kısa bir süre önce, baca kapama tertibatının motoru, aldığı uyarı ile çalışmaya başlar ve baca klapesi açılır.
2. Baca klapesi tamamen açıldıktan sonra brülör çalışmaya başlar.
3. Baca klapesi açık veya kapalı olduğu zaman ikaz ışıkları yanar. Klappenin açılıp kapanma süresinde her iki ışıktaki söner.
4. Su sıcaklığı referans değere gelince brülör durur ve baca klapesi kapanır.

4.3.1.Termik Klapeler:

Küçük ısı sistemlerinde (kombiler, kat kaloriferleri, doğal gaz sobaları vs.) katlar arası emniyet ile yakıt tasarrufu sağlayan, sıcaklığa duyarlı bimetaller vasıtası ile açılıp kapanan mekanik klapelerdir.

Sağladığı avantajlar:

1. Enerji tasarrufu sağlar.
2. Max. 270 °C gaz sıcaklığına kadar olan tüm cihazlar için idealdir.
3. Açılma sıcaklığı yaklaşık 40 °C'dir.
4. Çok kısa sürede açılır.
5. Çok bölümlü ayırma elemanları vasıtası ile emniyetli çalışır.
6. Yüksek basınçlarda gürültü yapmaz.
7. Kolay monte edilir.
8. Kat arası gaz sızıntılarını önler.

4.3.2.Motorlu Klapeler:

Motorlu klapeler, gaz ve fuel oil yakıtlı ısıtma sistemlerinde kazanın baca çıkışına monte edilmektedir. Dişli tertibatlı motor tarafından kumanda edilen kapak, ısı sistemi dinlenmeye geçtiği sırada atıkgaz yolunu kapatır. Böylece ısı kaynağında üretilen enerji hapsedilerek depolanmış, doğal taşınımila veya baca çekişiyile atmosfere atık gaz kaybı, aynı şekilde de soğuk havanın girmesi engellenerek gereksiz soğumalar önlenmiş olur. Bu sistem hem enerji tasarrufu sağlayarak yıllık yakıt giderlerini önemli biçimde azaltmakta (sisteme göre %5 ile %12 arasında), hem de ısı sistemini az kullanılmasını sağlayarak sistemin ömrünü uzatarak tesisatta oluşabilecek teknik arızaların ortaya çıkmasını en aza indirmektedir.

DIN 4755 ve DIN 4756 standartlarına göre gaz yakıtlı tüm ısıtma sistemleri için uygundur.

Motorlu klapeler brülör ile bağlantılı çalışmaktadır. Brülörden yaklaşık 7 s. önce açılmaya başlayan klape tam açıldıktan sonra brülöre çalışabilmesi için sinyal gönderir. Brülörün durma periyotlarında ise brülör kapandıktan sonra, 7 s. içinde klape kendisini kapatmaktadır.

Sağladığı avantajlar:

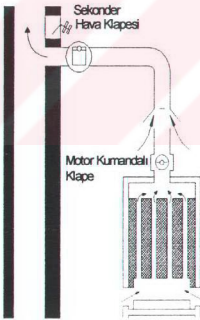
1. Yüksek değerlerde enerji tasarrufu sağlar.
2. Isıtma sisteminin (kazan, brülör, kalorifer vs.) ömrünü uzatır.
3. Tek elektrik bağlantısı ile kolay monte edilir.
4. Motor, klape ve şalterler arasındaki bağlantıdan dolayı emniyetli çalışma sağlar.
5. Tüm parçaları paslanmaz veya alüminize çelikten üretilmiştir.
6. Çalışma kontrolü otomatik veya manueldir.
7. Korozyona karşı dayanımlıdır.

Bir Almanya firmasına ait Motorlu Klape Modellerinin sınıflandırılması:

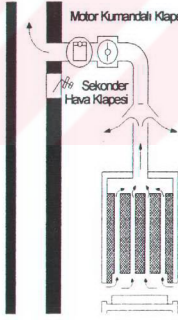
1. MOK : %5 geçirgen özellikli (pilot alevli sistemler için)
2. MOK.AD: tam sızdırmaz özellikli (elektronik ateşlemeli sistemler için)
3. MOK.ADN: motorlu klape ve sekonder havalandırma klapesinin kombine sistemi

Kazanlara Göre MOK Klapenin Montaj Şekilleri :

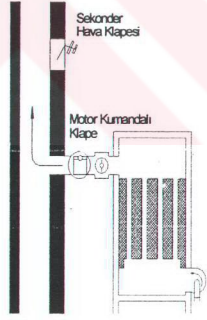
Şekil 4.11. Isıtılmayan kazan dairelerinde atmosferik brülörlü kazanlara Motorlu Klape montajı



Şekil 4.12. Isıtılan kazan dairelerinde atmosferik brülörlü kazanlara Motorlu Klape montajı



Şekil 4.13. Fanlı brülörlü kazanlarda Motorlu Klape montajı



4.4. Bacadan Isı Kayıpları : Ekonomizör

Konutlarda ve endüstride doğal gaz yakımında modern kazanların (yüksek verimli) kullanımı yanında mevcut fuel-oil veya kömür yakan kazanlar da doğal gaza dönüştürülmektedir. Bu kazanlarda olması muhtemel düşük kazan verimliliğinde ve

baca gazı sıcaklığı doğal olarak yüksek olan kazanlarda fazla pahalı olmayan cihazlarla kazanı terk eden duman gazının ısısından istifade ederek enerjinin geri kazanımı sağlanmıştır.

Ülkemize doğal gaz gelmeden evvel sıvı yakıt ve katı yakıt göre kalorifer kazanı dizayn ederken kazanı terk eden duman gazı sıcaklığının genel olarak 200°C olarak kabul edilirdi. Çünkü bu değer kazanlarda ve bacada alçak sıcaklık korozyonu olmaması için yakıtın içindeki kükürt miktarına bağlı olarak değişen asit çiglenme sıcaklığının (bu değerler pratik olarak kömür için 180°C, fueloil için 160°C, motorin için 140°C) emniyetli bir miktar üzerinde olması gerekir. Doğal gazda ise kükürt yok denecek kadar az olduğundan ve yoğunlaşma 56°C da başladığından, kalorifer kazanlarında kazanı terk eden duman gazı sıcaklığı 120°C'ye kadar düşebilir. Daha düşük sıcaklıklarda yoğunlaşmanın sebep olabileceği korozyon, yoğunlaşan asit karakterli suyun (pH değeri 3,9-7 arasında) tahliyesi ve duman gazlarının doğal çekişle bacadan atılamayacağı göz önünde tutulmalıdır.

Doğal gaz göre kazanı terk eden duman gazı sıcaklıkları göz önüne alınarak kalorifer kazanları aşağıdaki şekilde sınıflandırılabilir:

- Düşük sıcaklık kazanları (yoğuşmalı veya kondenzasyon kazanları) 40/120°C
- Orta sıcaklık kazanları (modern kazanlar) 120 / 200°C
- Yüksek sıcaklık kazanları (klasik kazanlar-eski kazanlar) 200°C 'den yukarı.

Doğal gazda uygulamaya geçilmesi ile birlikte modern kazanların kullanılmasının yanında mevcut kömür ve fuel oil yakan kazanlarda da doğal gaz dönüştürülmüş ve dönüştürülmeye devam edilmektedir. Gerek modern kazanlarda ve gerekse dönüşüm yapılan kazanların çoğunda yapılacak ölçümlerde baca gazı sıcaklığının yükseğe çıktığı (250 / 300 °C hatta 350°C) durumlarda kazanı bacaya bağlayan duman kanalı üzerinde kazana yakın bir yerde 400/500°C gösteren bir pirometre (termometre) yerleştirilip, brülörde iyi bir yanma ayarı yapılabilir.

4.4.1.Buhar Kazanlarında Kazanı Terk Eden Duman Gazlarının Sebep Olduğu Verim Kayıpları

Buhar kazanlarında baca gazı sıcaklıkları kalorifer kazanlarına göre değişiklik arz eder.

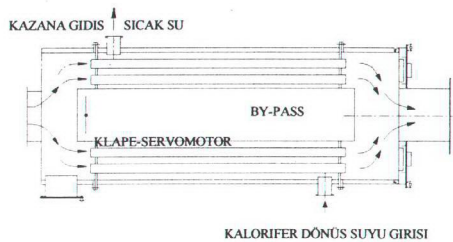
$$\text{Duman gazı (baca gazı) sıcaklığı} = \text{üretilen buhar sıcaklığı} + (50/100)^{\circ}\text{C} \quad (4.2)$$

olarak pratikte alınabilir. [15]

Örneğin; 6 bar doymuş buhar üreten bir buhar kazanında buhar sıcaklığı 164 °C ise; kazanı terk eden duman gazı sıcaklığı yaklaşık 250 °C olur. 12 bar doymuş buhar kazanında ise bu durumda kazanı terk eden duman gazı sıcaklığı da yaklaşık 300 °C alınabilir. [15]

4.4.2.Bacadaki Atık Gaz Kayıplarını Azaltma Çareleri

Gerek kalorifer kazanlarında ve gerekse buhar kazanlarında alçak sıcaklık korozyonu riskine meydan vermeden kazanı terk eden duman gazı sıcaklıklarını fuel oil yakımında 180 °C'a kadar, doğal gaz yakımında 130 °C'a kadar düşürebiliriz. Bu düşürmeyi kazanın arkasına bir kısım ısıyı geri kazanmak için koyacağımız enerji tasarrufu sağlayan cihazlarla yapabiliriz. (Şekil 4.14)



Şekil 4.14 Ekonomizör

Bunlar;

- Brülöre verilen yakma havasını ısıtarak (hava ısıtıcısı veya bacadan by-pass)
- Kalorifer tesisatında dönüş suyunu ısıtarak (ekonomizör).

- Buhar kazanlarında kazana basılan besi suyunu ısıtarak (ekonomizör).
- Kombine sistemler (hava ısıtıcısı + su ısıtıcısı)

Bu cihazlar mevcut sisteme uyum sağlamalı, bu cihazların ilavesi ile kazanın duman yolları direnci ve sistemin su tarafı direnci aşırı artmamalıdır. Başka bir deyişle brülörün çalışmasında, sirkülasyon pompasının veya besi pompasının fonksiyonunda bir problem yaratmamalı ve kolay monte edilebilmelidir.

Örnek-1: İstanbul'da bir apartmanda 90/70 °C çalışan merkezi kalorifer kazanının kapasitesi 235 kW ve yakıtı doğal gaz. Isınma dönemi; günde 15 saat yılda 180 gün. Doğal gaz brülörünün hava ayarını mümkün olduğu kadar iyi bir şekilde yapıldığında ve yapılan baca gazı analizinde kazanı terk eden duman gazı sıcaklığı 250 °C, kazan dairesi sıcaklığı 20°C ve CO₂ miktarı % 10 ölçüldü. Şekil 1.8 den sıcaklık farkını 230 °C olduğunda buna karşılık baca kaybı % 11' dir ve yanma verimi,

$$\eta_w = 100 - 11 = 89 \quad (4.3)$$

kazanın radyasyon kayıplarını da % 2 (bu değer kazanın büyüklüğüne ve izolasyon şartlarına göre (1,4 arasında değişir)) kabul edelim. Dolayısıyla kazan verimi ,

$$\eta_w = 100 - (11 + 2) = 87 \quad (4.4)$$

olur. Apartmanın ısınma için bir yıllık doğal gaz bedelini bulalım.

$$B_N = \frac{Q_a}{\eta_w * H_u} = \frac{Q_N * b_a}{\eta_w * H_u} = \frac{235 * 15 * 180}{0,87 * 8,83} = 82595 \text{ m}^3/\text{yıl} \quad (4.5)$$

B_N=Yıllık yakıt miktarı,

Q_a=yıllık ısıtma işi kWh/yıl,

b_a= tam kullanma saati h/yıl,

H_u=Alt ısı değeri kWh/m³

Kazanın arkasına duman gazından istifade etmek ve kalorifer dönüş suyunu ısıtmak üzere bir su ısıtıcı (Ekonomizör) ilave edip duman gazı sıcaklığını 150°C indirdiğimizi kabul edelim.

$$\text{baca gazı sıcaklığı} - \text{çevre sıcaklığı} = 150 - 20 = 130^\circ\text{C} \quad (4.6)$$

Şekil 1.8 den CO₂ miktarı 10 alırsak baca kaybını % 6 buluruz.

Yanma verimi de;

$$\eta_k = 100 - 6 = \%94 \quad \eta_k = 100 - (6 + 2) = \%92$$

böylece kazan randımanında % 5 artış elde edilmiş oluyor.

Bu şartlarda yıllık doğal gaz sarfiyatı

$$B_B = \frac{Q_a}{\eta_w * H_u} = \frac{Q_N * b_a}{\eta_w * H_u} = \frac{235 * 15 * 180}{0,92 * 8,83} = 78105 \text{ m}^3/\text{yıl} \text{ (4.7)}$$

B_B=ekonomizör kullanıldığında yıllık yakıt tüketimi m³/yıl

$$\text{Fark : } 82595 - 78105 = 4490 \text{ m}^3/\text{yıl}$$

İstanbul'da konutlarda doğal gaz fiyatı 194,688TL/m³ olduğuna göre

Yıllık tasarruf : 874.149.120 TL/yıl olur. (4490*100/82595= 5,5 % tasarruf)

Bu şartlara uygun bir eko-kalorifer cihazının yerine montajlı fiyatı yaklaşık 1.425.000.000-TL olduğuna göre

$$\frac{1.425.000.000,-}{874.149.120} = 1,63$$

yılda bu cihaz amorti edilecek demektir.

Örnek-2: Bir endüstri tesisinde 3000kg/h buhar üreten 12 bar işletme basıncında, fuel oil (kalorifer yakıtı) yakan bir buhar kazanı var. Günde 10 saat, yılda 300 gün çalışmaktadır. Brülörün iyi bir yanma yapacak şekilde hava ayarından sonra yapılan baca gazı ölçümlerinde baca gazı sıcaklığı 300 °C, CO₂ % 11, kazan dairesi sıcaklığı 20 °C ölçülsün.

Şekil 1.8 den baca gazı kaybı % 13 bulunur. Kazanın radyasyon kaybını % 2 kabul edersek ;

kazan verimi:

$$\eta_w = 100 - (13 + 2) = \% 85$$

olur. Bu kazanın arkasına atık duman gazlarından istifade için bir ekonomizör kullandığımızda duman gazı sıcaklığını 100 °C düşürürsek :

Bu şartlarda kazan verimi:

$$\eta_w = 100 - (8 + 2) = \% 90$$

olur. 1 kg buhar üretimi için 600 kcal ısı ihtiyacı gerektiğini kabul edelim.

Yıllık yakıt tüketimi:

$$B_N = \frac{600 * 3000 * 10 * 300}{0,85 * 9600} = 661,764 \text{ kg /yıl}$$

Ekonomizör konulduktan sonra

$$B_B = \frac{600 * 3000 * 10 * 300}{0,90 * 9600} = 625,000 \text{ kg/yıl}$$

Fark $661,764 - 625,000 = 36764 \text{ kg/yıl}$

İstanbul'da kalorifer yakıtı 392,000-TL/kg olduğuna göre

Yıllık kazanç $36,764 \times 392,000 = 14,411,488,000 \text{ TL/yıl}$

Böyle bir ekonomizör cihazının yerine montajlı fiyatı 4,000,000,000-TL olduğu düşünülürse amortisman süresini aşağıdaki şekilde hesaplayabiliriz.

$$\frac{4.000.000.000}{14.411.488.000} = 0,28 \text{ yıldır.}$$

4.5.Tam Yanmanın Oluşmaması ve Enerji Kaybı : Otomasyon

Yakıt tasarrufunu sürekli kontrol altında tutabilmek için tasarlanmıştır. Baca gazındaki O_2 miktarını sürekli ölçerek tam yanma meydana gelebilmesi için hava girişini ve yakıt girişini kumanda eden sistemdir. [17]

4.5.1.Isıtma Sistemleri için Modern Ölçüm, Kumanda ve Ayar Tekniği

Günümüzde ısı sistemlerinden istenilen, minimum enerji (yakıt veya elektrik) sarfiyatı ile çevreyi mümkün olduğu kadar kirletmeden maksimum ısı kapasitesi alabilmektir. Kazan üreticileri için sistemler zaman ilerledikçe çok daha karmaşık olmaktadır. Yalnızca yanma havasına yeterli miktarda yakıt karıştırılmasından öte minimum çevre kirliliğini sağlayan modern kazanlarda bunun yanında dört farklı yakıtı bağı olarak regüle edilmiş birincil, ikincil, üçüncül hava, baca gazı sirkülasyon, kazan basıncı vb. sistemler olmalıdır. Çok küçük ayarsızlıklar bile kazanın teknik olarak verimsiz çalışmasına ve baca gazı atık maddelerinin üzerinde kötü etkide bulunmasına neden olacaktır. Bu yüzden ölçme, kontrol ve ayarlama cihazları üreten firmaların görevleri; yanma proseslerinde en ufak sapmaları ve değişimleri aynı anda kompanze eden hassas yanma kontrolünü sağlayan cihazları geliştirmektir, bunu yaparken de minimum enerji harcayan, kolay çalıştırılabilir, güvenilirlik ve bulunabilirlik gibi etkenlere de dikkat edilmesi gereklidir.

Bu zamana kadar yakıt hava karışımının yüke bağı kontrolü mekanik olarak yapılmaktaydı. Yani yaklaşık 30 MW' a kadar olan kazanlarda klape üzerinden mekanik olarak ayarlanır. Bu mekanik sistemin en büyük dezavantajı ayarının manuel olarak yapılmasıdır. Yakıt-hava ayarı yapılan karışımın yanma elementleri üzerinde direk etkisi olmaktadır. Bu yüzden yakıtın az yükleme yapıldığı sistemlerde % 3 oksijen sapması normaldir.

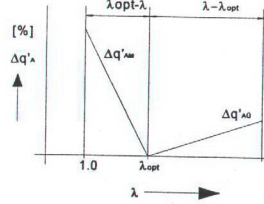
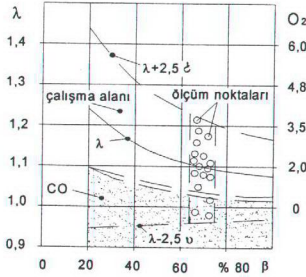
Şekil 4.15' de 4 MW' lık bir kazanda, baca gazında bulunan hava fazlalık katsayısı ve oksijen değerlerinin yıl boyunca yanma değişimlerine göre dağılımı grafikleştirilmiştir.

Yanmaya etki eden diğer olaylar aşağıdadır.

Hava; Sıcaklık - Basınç - Nem

Yakıt; Isı değeri - Sıcaklık - Viskozite - Yoğunluk - Gaz basıncındaki değişimler

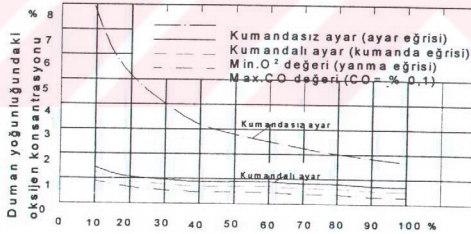
Diğer; Kazan - Brülör



Şekil 4.15 Hava fazlalık katsayısı ve oksijenin yıl boyunca değişimi.

Şekil 4.16 Baca gazında ölçülen oksijen eğrisi.

Şekil 4.17' de baca gazından oksijen kontrolü yapılan kazanın oksijen eğrisini görebilirsiniz. Şekil 4.16' da brülöre gelen taze havanın yetersiz olduğu durumda kazan içerisinde yanma tamamlanmayacağı için atık gaz kaybının çok yüksek olduğu görülmektedir.



Şekil 4.17 Brülöre gelen havanın yetersizliğinin atık gaz kaybına etkisi.

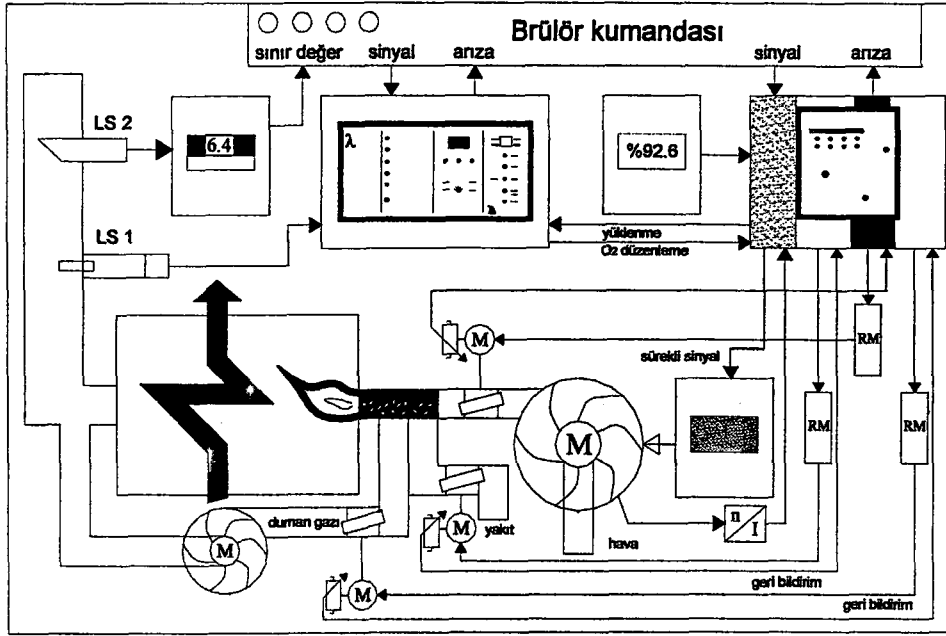
Bu yüzden brülör mümkün olan en uygun hava miktarının sisteme gönderileceği şekilde ayarlanmalıdır. Bunun anlamı brülörler atık gaz kaybı ile bağlantılı olarak optimal şekilde kontrol edilemezler. Yanmaya etki eden değişimlerin dengelenmesi için ancak sisteme bir oksijen regülatörün eklenmesi ile mümkündür. Sonuç olarak mekaniksel karışım ancak şartlara bağlı olarak yapılabilir, bu işlemde hem zahmetli hem de zordur. Bu işlem ya ek bir hava klapesi yada yakıt basıncının ayarı veya

vantilatörün hızının ayarı ile yapılabilir. Son yıllarda yakıt veya havanın mekanik karışımı özellikle orta ve büyük kapasiteli kazanlarda elektronik destekli olarak yapılmaktadır ve gün geçtikçe yaygınlaşmaktadır. Bu kontrol esnasında her kontrol edilecek unsur kendi içerisinde bir servo motor yardımı ile yapılmaktadır. Isı ihtiyacına göre hafızasına girilmiş bütün bilgiler ışığında bir kontrol elemanı da bu servo motora kumanda eder. Şekil 4.18' de yakıt hava karışımının otomatik olarak nasıl ayarlandığını gösteren bir kazan sistemi gösterilmektedir.

Oksijen regülatörü ile yanmadaki değişimler kolaylıkla kompanze edilebilir. Elektronik olarak yakıt hava karışımının ayarı mekanik olana göre bir çok avantaja sahiptir.

- Ekrandan görüntü,
- Gecikmelerin kompanzasyonu,
- Yakıt değişiminde hava avansı,
- Yakıt ve hava karışımı kontrol elemanlarının mesafe ve yerleşimlerinin sebep olduğu herhangi kötü etki yoktur,
- Dört ayrı yakıtı kadar basit ve hassas ayar,
- Otomatik yakıt açma-kapatma,
- Sabit veya değişken oranlara sahip karışım yakıtların operasyonunda mümkünlük,
- Oksijen ayarlanması ve/veya hava giriş sıcaklığı ile kazana etki eden değişimleri kompanzasyon imkanı,
- Güvenilirlik,
- İşletim şartları ve hata sebeplerinin görüntüsü ile operatör için bilgi yardımı.

Bu sistemleri uygulayan bir firmanın ürünü olan VR4 dört adet yüke bağımlı kontrol elemanı olarak geliştirilmiştir. Dört ayrı kanaldan oluşmaktadır ve bu kanallar üç kademede opsiyonel olarak ayarlanarak servo motorlara veya frekans konvertere sabit (0/4.....20mA; 0.....10V) verirler. Bunun yanında ünite de iki adet düzeltme girişi vardır, örnek olarak bir oksijen regülatörü için veya egzoz gaz sıcaklığı için. Ayrıca ünite de iki adet mikroişlemci vardır, bu işlemciler buhar kazanları da dahil olmak üzere kazan sistemleri için uygun olarak onaylanmıştır.



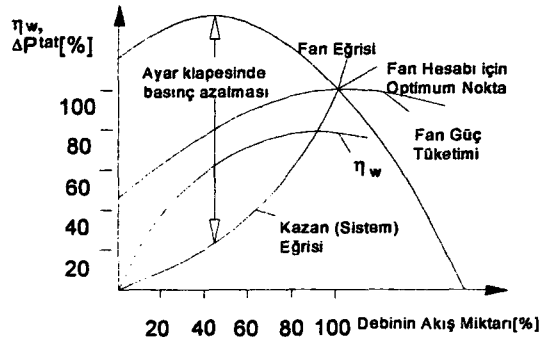
Şekil 4.18 Yakıt hava karışımının otomatik ayarlanması şeması. [17]

4.5.2. Yanma Havaasının Hız Kontrolü ve Egzoz Gazı İçin Sirkülasyon Fanı;

Yanma havası fanı olması durumunda, hız regülasyonu yapılarak elde edilebilecek enerji ekonomisinin değeri ile havanın klape yardımıyla kısılması arasındaki fark ortaya konulması gereklidir. Şekil 4.19' da kısma klapesi yardımıyla hava akımının azaltılmasıyla oluşan gecikme, enerji kaybı ve basınç kaybı arasındaki ilişki görülmektedir.

ΔP : Toplam basınç farkı

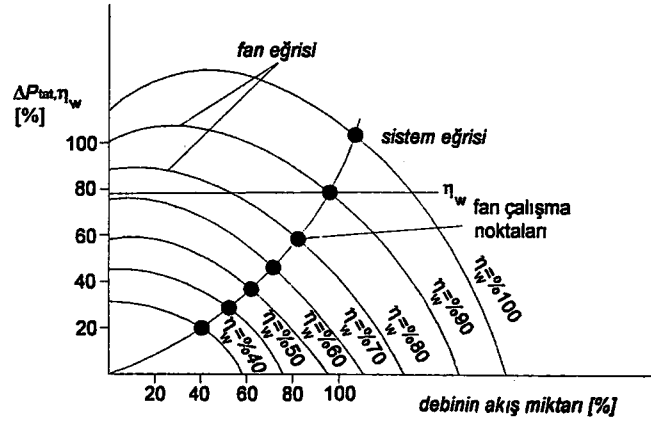
η_w : Verim.



Şekil 4.19 Gecikme, enerji kaybı ve basınç kaybı arasındaki ilişki.

Enerjinin büyük bir kısmı kısma klapesi sayesinde dışarı atılmaktadır. Sistem hız ayarı yapılarak mümkün olabilecek en uygun noktada çalıştırılabilir.

Şekil 4.20' de vantilatörün devri ayarlanarak ısıtma sisteminin karakteristiği içerisinde herhangi bir noktada çalışılabilir. Pratikte fanın gücünün artmasına ek olarak , aynı zamanda konverter ve motor enerjisi ile düşük yakıt yüklemeleri durumunda

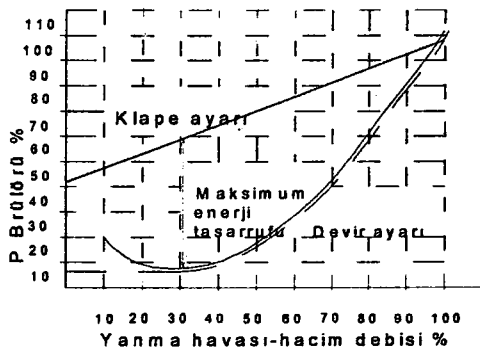


Şekil 4.20 Vantilatörün çalışma alanları.

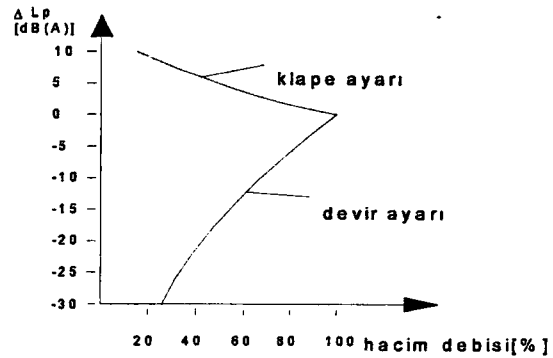
kullanılan enerjide de azalmalar olmaktadır. Büyük seçilmiş fanların enerji tüketimi üzerinde de pozitif etkisi vardır. Hız regülasyonu sayesinde fanın güç ihtiyacı aynı zamanda ısıtma sisteminin şartlarına uymaktadır.

Şekil 4.21' de klape ayarı veya hız regülasyonu yapılması durumunda fanın güç tüketimi karşılaştırılmaktadır. Elektrik enerjisi ekonomisi açıkça görülebilmektedir.

Grafikte görüldüğü gibi arzu edilen elektrik ekonomisi kazanım çalışma modu ve boyutuna ve fanın dizaynına bağlıdır. Bu nedenle matematiksel bir hesaplama yoktur. Elektrik enerjisi ekonomisi gözlemlendiği zaman, ilk kullanılan enerjide 2/3 oranında bir düşme olduğu saptanmıştır.



Şekil 4.21 Klape ayarı ve hız regülasyonunda fanın güç tüketimi



Şekil 4.22 Klape ayarı ve hız regülasyonu arasındaki fark

Hız regülasyonunun diğer bir avantajı da, klape ayarı yapılan sistemlerde gürültünün çok olmasıdır. Şekil 4.22' de hız regülasyonu ile klape ayarı arasındaki fark karşılaştırılmaktadır.

4.5.3. Ölçme probu ile optimizasyon ;

Artık bugünlerde lamda probu olarak bilinen zirkonyum-di-oksit probunun, oksijen regülatörü ile kullanılarak ısı sistemlerinde yanmanın optimizasyonu ve yanma değerlerinin görüntülenmesi yapılmaktadır. Aşağıda bu sistemin avantajları görülmektedir.

- Egzoz gazından direk ölçüm.
- Hızlı reaksiyon ve ayar zamanı $t < 15$ s.
- Ölçüm değerlerinin saklanması
- Ölçüm yerinde gaz kaçağının olmaması.
- Bakım azlığı.

Oksijen regülasyonu kullanılarak yanmadaki değişimlerin düzenlenmesinin yanısıra hava-yakıt oranında görüntülenebilir. Eğer istenmeyen aşırı bir değer görüntülenirse alarm verir.

Aşağıdaki unsurların dalgalanması yanmaya direk olarak etki eder.

Hava;

- Sıcaklık
- Basınç
- Nem

Yakıt;

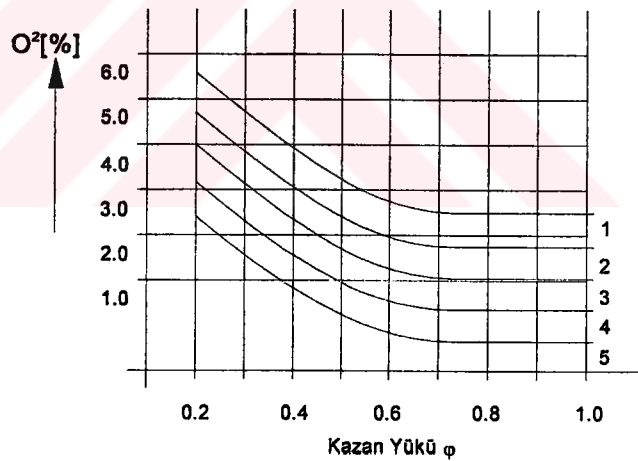
- Isı değeri
- Sıcaklık
- Viskozite
- Yoğunluk

Gaz basıncındaki değişimler

Diğer;

Kazan

- Brülör
- Mekaniksel değişimler



Şekil 4.23. Parametrelerin etkisi

Şekil 4.23' te hava basıncının ve yanma havası sıcaklığının değişimlerinin atık gaz içindeki oksijen üzerindeki etkisi ve bu şekilde yanma işleminin kalitesi (kazan verimliliği, kirleticiler) görülmektedir.

- 1)Hava sıcaklığının kontrol edilmediği 0° C
- 2)Hava basıncı +25mbar
- 3)Kontrollü şartlar 20° C ve 1013 mbar
- 4)Hava basıncı -25 mbar
- 5) Hava sıcaklığının kontrol edilmediği -40° C

Bütün bu ölçümler güvenlik sebeplerinden dolayı ideal yanma için gerekli olandan daha fazla miktarda yanma havası ister. Bu fazla hava gereksizce ısıtılır ve baca yolu ile ısı kaybı olarak atmosfere atılır. Fazla hava karbondioksit değerinin düşmesine, atık gaz sıcaklığının artmasına, kazan verimi veya kazanın atık gaz kaybı prensiplerine etki eder.

Atıkgaz ile hava sıcaklık farkı ve atıkgazda ölçülmüş oksijen değeri yardımıyla kazan verimliliği bulunabilir:[17]

$$q_A = (T_w - T_L) \left(\frac{A_2}{21 - O_2} + B \right) \quad (4.7)$$

Burada ;

	Fuel oil	Doğal gaz	Hava gazı	LPG
A ₂	0,68	0,66	0,63	0,63
B	0,007	0,009	0,011	0,008

$$\eta_w = 100 - q_A \quad (4.8)$$

Bu formülden görüldüğü gibi % 1 oksijen düşümü olduğu zaman kazan veriminde aşağıdaki artımlar olacaktır.

Doğal gazda ; yaklaşık. %0,60

Motorinde ; yaklaşık %0,70

Ağır yakıtta ; yaklaşık % 0,75

Tablo 4.2 Yanma verimi üzerindeki etkiler

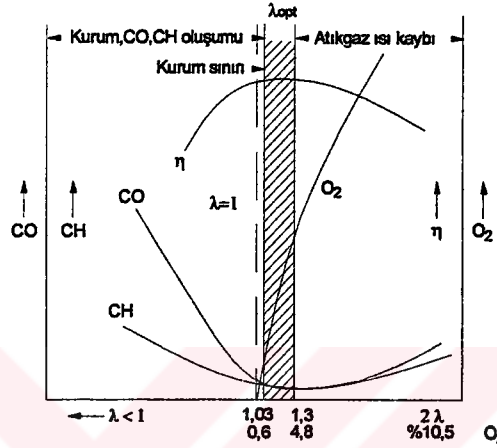
Etki büyüklükleri	Etkinin büyüklüğü		
	Doğal gaz	Motorin	Ağır yakıt
<u><i>Yakıt</i></u>			
1. Yakıtta ısıtma değerinin değişmesi	+++ (1,5)	-	+(0,3)
2. Yakıt viskozitesinin değişmesi	-	+(0,4)	++ (0,6)
3. Yakıt ısının değişmesi	-	0	+(0,4)
4. Gaz yada fuel oil basıncına bağlı miktar değişmesi	+(0,4-0,6)	0	++ (0,7)
<u><i>Yanma havası</i></u>			
5. Hava sıcaklığı		+(0,3-0,4)	
6. Hava basıncı		+(0,3-0,4)	
7. Havanın nemi		0	
<u><i>Sistem Şartları</i></u>		Sisteme bağlı olarak 0 ile ++ arasında	
8. Baca çekişi			
9. Etkilerin sonucu olarak yada kirlenmeye bağlı atık gaz ısı		+ (0,3 - 0,35)	
() İçerisindeki sayılar ısıtma sisteminde olabilecek % verim değişikliğini vermektedir.			
- : etki yok ; 0: anlamsız etki ; + : zayıf etki ; ++ orta büyüklükle etki ; +++ büyük etki			

Tablo 4.3 Otomasyonun yakıt cinslerindeki tasarrufları

	Doğal gaz	Fuel Oil	
		Hafif	Ağır
1.Isıtma değerinin değişmesi	%1,5	-	%0,3
2.Fuel oil gaz basıncının değişmesi sonucu brülör yüklenmesinin değişmesi	%0,5	%0,4	%1,7
3.Hava sıcaklığı değişimi	%0,4	%1,1	%2,4
4. Havadaki basınç değişimi	%0,3	%0,3	%0,3
Toplam	%2,7	%1,1	%2,4
Bu değişiklikler ekstrem değerler olduğundan yıllık ortalama için sadece yarısı hesaplama alınır, bu da :	%1,35	%0,55	%1,2
O ₂ regülasyonu sonucu arıza büyüklüğü telafi edildiğinden , brülörün ayarı ortalama 1 hac.% O ₂ optimum değere ayarlanabildiğinden, bir iyileştirme söz konusudur :			
Yıllık toplam	%0,60	%0,70	%0,75
	%1,95	%1,25	%1,95

Daha önce söylenildiği gibi kontrol sensörü olarak günümüzde zirkon dioksit sensörü kullanılmaktadır. Atık gazdaki atık oksijen miktarı sadece bir yardımcı değerdir. Sızdıran bölgelerden sızan kaçak hava , brülör ayarı üzerinde bilinmeyen etki olarak kalmaktadır. Ekstrem durumlarda hava kaçakları, O₂ - regülasyonun brülörde müsaade edilmeyen zararlı madde miktarı değerlerinin üstüne çıkmasına neden olmaktadır. Bunu önlemek için yeri geliştirilen KS1 sondesi kullanılmalıdır. Hava fazlalık katsayısı 2' nin yani artık oksijen miktarının verim eğrisi ve ısıtma sisteminin zararlı madde emisyonu üzerindeki etkisi Şekil 4.24'de görülmektedir. Lamda - sondesinin geliştirilmesinde Heidelberg' de ABB araştırma merkezinde yanmamış gaz parçacıklarını tespit etmek için bir potansiyometrik duman sondesi geliştirilmiştir. KS1 Potansiyometrik duman sondesi yapı bakımından potansiyometrik oksijen sondesine benzemektedir. Oksijen sensöründeki katalitik

aktif çalışma elektrodu yerine çalışma elektrodunun katalitik aktivesinin düşürülmesi hedeflenmiştir. Böylece elektrod yüzeyinde oksitlenmeyi oluşturan CO, H₂ gibi gaz parçacıklarının O₂ ile birlikte katalitik reaksiyonu engellenmiş olmaktadır. Elektrod yüzeyinde oksidasyon nitelikli gaz molekülleri adsorbe edilir ve üç faz sınır haline dönüşebilir. Orada sabit elektrod ızgarasından O₂ - iyonlarıyla reaksiyona girmektedirler. H₂ olayında buna paralel olarak üç faz sınırında oksijen molekülü reaksiyonu gerçekleşmektedir.

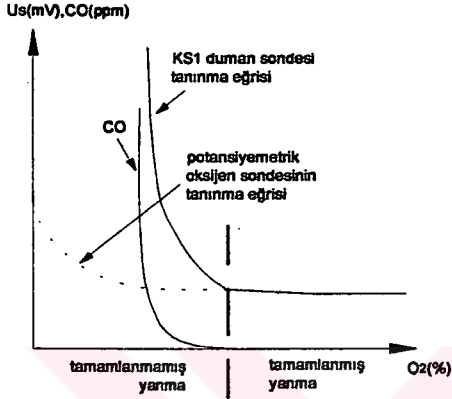


Şekil 4.24 Artık oksijen miktarının verime ve zararlı emisyon üzerindeki etkisi.

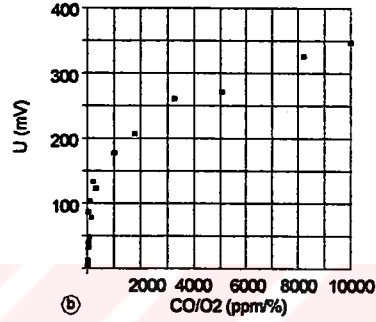
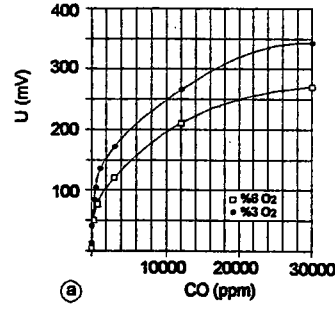
Sensör gerilimi olarak bir kısım O₂ - reaksiyonuna bağlı ve bir kısım oksidasyonlu gazların reaksiyonuna bağlı bir karma potansiyel elde edilir. Bu karma potansiyel oksidasyonlu oksijen kısmi basınca dönüştüren kısmi basınç ilişkilerinin bir fonksiyonudur, yani $U = f(\text{CO}/\text{O}_2)$ yani $U = f(\text{H}_2 / \text{O}_2)$ Şekil 4.25' de bunu göstermektedir. Burada bir sensörün çeşitli oksijen partükel basıncı sensör tanıma eğrisi $U(\text{CO})$ gösterilmektedir. Aynı zamanda logaritmik bir tanıma eğrisi elde edilmektedir. Şekil 4.25b'de CO /O₂ sensör gerilimi fonksiyon olarak verilmiştir. H₂ yada CO gibi düşük oksidasyonlu gaz konsantrlerinde, açık bir şekilde karma potansiyel sadece O₂ sondesinin sinyalinden daha yüksektir. Karma potansiyelin oluşması çok kısa sürmektedir, t_{60} - süre 2 s altına düşmektedir. Sensör duruma göre duman kanalına yerleştirilebilir, deney gaz alıntısına gereksinim yoktur. KS1 kombi sondesinin yanma sırasında optimizasyonun ve kontrolünde salt oksijen sondesine göre avantajları;

- Kaçak havadan etkilenmez
- Kısa cevap süresi ($t_{60} < 2 \text{ sn}$)

- Kalibrasyon gazları gerektirmez
- Tanıma eğrisi güvenli yönde ($U_s = f(\text{CO} / \text{H}_2)$) artmaktadır.
- Ortalama ömrü yaklaşık 3 yıldır.
- Kolay kullanım
- Stabildir
- Az bakım gerektirir
- Hesaplıdır.



Şekil 4.26 Kısmi basıncı ilişkileri.



Şekil 4.25 Yakıt hava karışım etkisi.

Gazlı ateşleme sistemlerinde duman sondesi KS1 ve ona bağlantılı fonksiyonel mikro işlemci korumalı yakıt / hava regülasyonu emisyon sınırlarına en yakın optimum yanmayı sağlar, ayarlar ve sabit tutar. Burada yakıt / hava karışımı duman sondesinde zararlı madde ölçümü kuvvetli sinyal artışı oluncaya dek hava miktarı azaltılmaktadır. Şekil 4.26 bunu açıklamaktadır. Tam yanma alanında CO - Emisyonu çok düşüktür. Duman sondesinin gerilimi Nerust denklemine göre çalışmaktadır. Bu alanda aynı potansiyometrik bir oksijen sensörü gibi çalışmaktadır. Tamamlanmamış yanmayı düzenlemektedir, duman gazındaki CO konsantrasyonu bu şekilde artmaktadır, λ değeri 1' den daha büyük olması durumunda bile. Hızlı ve gecikmesiz aynı şekilde duman sondesi sinyali artmaktadır. Bir potansiyometrik oksijen sondesi ancak oldukça düşük O_2 ve çok yüksek CO değerinde, duman gazındaki λ değeri 1' e yaklaştığı zaman dik bir artış göstermektedir. Duman sondesinin dik artan sinyali tam yanmanın olmayışının başlangıcını göstermektedir. Bu noktadan itibaren yakıt / hava karışımı yine hafiften hava fazlalığına doğru değişmekte ve böylece optimum çalışma noktası bulunmuştur. Bu işlem belirli zaman aralıklarında tekrarlanırsa optimum çalışma noktası olumsuz meteorolojik

yada düzenek şartlarında bile sağlanmış olur. Mikro işlemcilerin marifetleri artmakta ve gereksinim duyulan fonksiyonlar bir cihazla olanaklı hale gelmektedir.

- Kumanda cihazı
- Sızdırmazlık kontrolü
- Meteorolojik kumandalı verim ayarlayıcısı
- Kazan çıkarım regülatörü
- Kendi kendini optimize eden KS1 kombine sondesi esasına göre çalışan, hazırlık aşamasındaki Lamda regülasyonu
- Bus bağlantısı (az kablo kullanımını sağlar)

Burada fiyat / verim ilişkisi daha da iyileştirilmekte ve orta ölçekli işletmelerde (350 kW' den büyük) bu teknolojinin kullanımı iktisadi açıdan çekici hale gelmektedir.

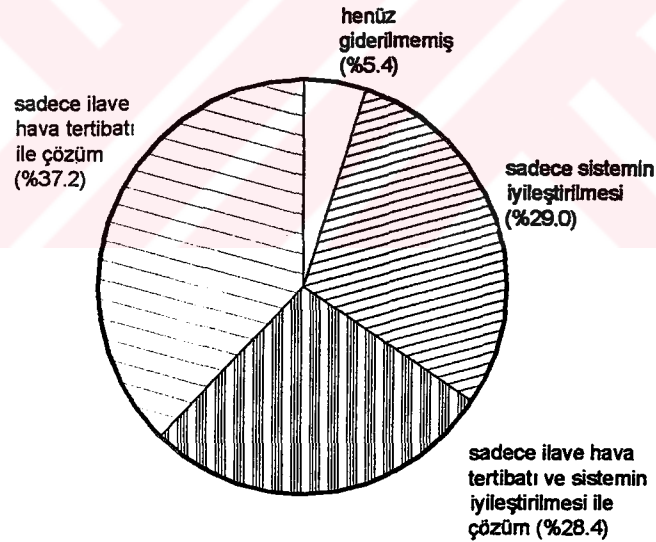
4.6. Baca İçinde Yoğuşma : Taze Hava Sağlayıcıları

Bir diğer tasarruf sağlayan sistem de yanma havasının kazana girmeden önce ısıtılmasıdır. Bu yapılamazsa en azından havanın çekildiği mekana dışarıdan giren soğuk havanın kontrollü alınması sağlanmalıdır. Brülör devreye girmeden içeriye gerekli havayı basan bir sistem ile bu çözülebilir.

Örneğin; imal türü II (asgari 24 cm kalınlıkta veya iki tabakalı) olan 25 x 25 cm lik iç çap genişliğine sahip bir bacadaki fanlı brülörlü yağ yakıtlı birimin (fazla basınç ateşlemesi) verilerinin sınır koşulları dikkate alınmalıdır. 12m' lik verimli bir baca yüksekliğinde ve ısı jeneratörünün % 10' luk atık gaz kaybında, ilave hava tertibatsız bacayı kuru tutabilmek için yaklaşık 30 kW ve üzeri olan bir ısı üretimi yeter gelir. Buna karşın ilave hava tertibatı ile yeni bir kazanı önemli ölçülerde daha az sarfiyat veya daha düşük atık gaz kaybı ile mevcut bacaya ıslaklık zararları beklenmeksizin bağlamak mümkündür.

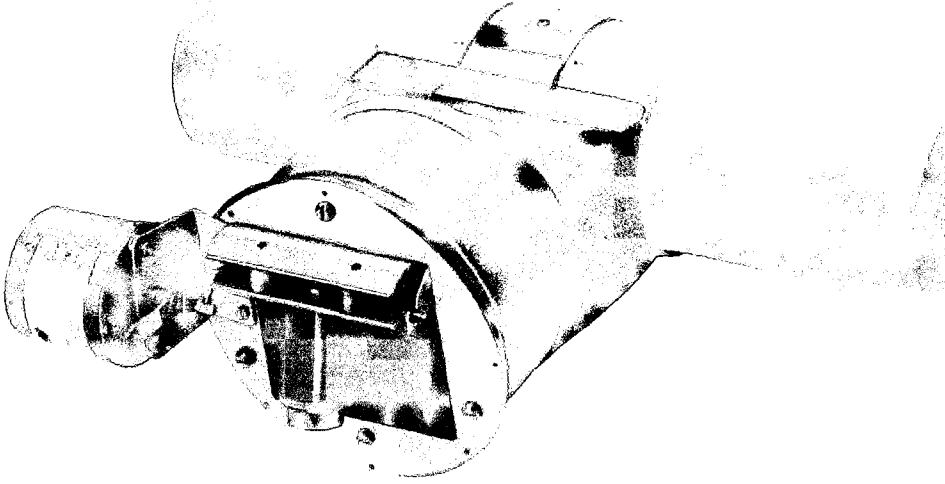
DIN 4705 Bölüm 1'de Ekim 1993 basımı, her türlü tesisteki ilave hava tertibatının baca ve yoğunlaşma noktası üzerindeki etkisinin bulunabileceği bir hesaplama işlemi gösterilir. Bir ilave hava tertibatının akım tekniği açısından özelliklerinin denklem ölçülü tanımı (basınç farkına bağlı hava sarfiyatı) veya ayar eğrileri önkoşuldu. DIN 4795'in, Nisan 1991 basımı, gözden geçirilmesinde bu talep dikkate alınmıştır.

Şekil 4.27' de ülke çapında kusurlu bulunmuş olan yaklaşık 100,000 civarındaki gaz yakıtlı yanma birimli tesislerin % 37,2 sinde bacanın sadece ilave hava tertibatının montajı ile yeniden kurutulduğu görülebilir. Atık gaz tesisatını kullanmaya devam edebilmek için, diğer % 28,4' lük vakalarda ilave tedbirlerle birlikte ilave hava tertibatlarının montajı yeterli geldi. İlave tedbirler derken kastedilen esas olarak bağlantı parçasının (atık gaz borusu) ısı muhafazası ve de geliştirilmiş buhar kapamasız, soğuk çatı bölümlerinde bacanın mineral ihtiva eden yanmaz inşaa malzemeleri ile harici ısı muhafazasıdır. Çok az vaka da ilave olarak çatı üzerinde bir harici ısı muhafazasına ihtiyaç duyuldu. Yalnızca bacaların % 29' unda görelî masraflı bir enine kesit azaltışına gidildi. Yüksek vasıflı paslanmaz çelik veya seramik borulardan bir iç tabakanın çekilmesiyle veya enine kesitin uygun görülen inşaa malzemeleri ile indirgenmesi sayesinde atık gaz tesisatı yanma biriminin yeni yerleştirme verilerine uyarlandı. Hessen' de 470 tesiste sonradan yapılan kontroller, vakaların %40,6' sında ilave hava tertibatları takibinde bu enine kesit azaltışına aslında gerek olmadığı sonucu verdi.



Şekil 4.27. Bacanın nemlenmesinde gaz yakıtlı yanma birimleri ile kusur giderim türleri (NLV = İlave Hava Tertibatı). [14]

DIN 17160'a göre yanma birimlerinin çeşitli mekanlarda kurulduğu ortak bacalı tesisatlar için ilave hava tertibatları uygun değildir. Bunun sebepleri, yanma birimi ve ilave hava tertibatı için çabalanana eşit basınç ilişkileri ve yangın emniyetidir. Fakat uygulamada arzu edilirse, gaz yakıtlı birimlerin fansız brülörlerle bağlanmış olduğu ortak bacalarda, sadece bir çekiş sınırlayıcı kullanılarak (yüksek atık gaz kaybına ve



Şekil 4.28 Motorlu ilave hava sağlayıcısı.

ıslaklık zararlarına karşı bodrumda) monte edilebilir. Çeşitli ülkelerin yapı talimatnamesinde bu montajı şehir baca temizleyicisinin onayı ile imkan vermektedir. Bunun ön koşulu, gaz yakıtlı birimlerin icra mekanları ile çekiş sınırlayıcının montaj yeri arasında bulunan benzer basınç ilişkileridir. Bu ayrıca mekanların eşit pencere yönü ve karşılaştırılabilir. Hava girişi miktarı bulunduğu kabul edilebilir.

İlave hava tertibatının bir icra mekanında (oturma mekanı) montajında atık gaz tesisatının yan duvarında tabandan 2,5 m den yükseklikte, ayrıca emniyet kuşağı veya ışınlı emniyeti şeklinde bir yangın emniyeti tedbiri gerekli olur.

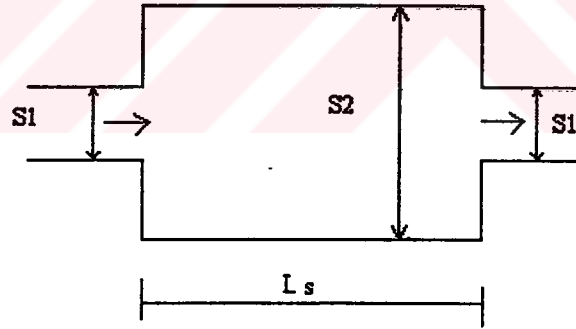
Ateşlemenin ara verdiği durumlarda atık gaz tesisatının bir ilave hava tertibatı ile kurutulması sadece atalet halinde yoğunlaşma noktasının altına düşülmediği durumlarda gerçekleşebilir. Ayrıca ilave hava tertibatı yeterince hava girişi bulunan ve 15 °C' lik mekan sıcaklığına ve kuru havaya (görelî nem oranı azami % 60) sahip bir mekanda tertip edilmelidir. Nemli bir bodrum veya çamaşır kurutma mekanları uygun montaj yerleri değildir.

Islaklık oluşumu köruk brülörlü tesisatlarda esas olarak geçiş dönemlerinde, yani yanma birimlerinin kısa süreli çalıştırılmalarında meydana gelir. Düşük dış sıcaklıklarda ve yanma birimlerinin olası uzun süreli çalışmalarında atık gaz boşaltım sistemi daha iyi ısıtılır ve ıslaklık oluşum eğilimi azalır. İcra mekanındaki ısı kayıplarını önlemek için bu zamanlarda motor kumandası devre dışı bırakılabilir.

4.7. Gürültü : Susturucular

Akışkan ileten boru ve kanallarda, ses dalgalarının boru ya da kanal içerisinde ilerlerken, kanal dışında da genellikle rahatsız edici bir gürültüye neden olurlar. Özellikle, boru ve kanalların giriş ve çıkışlarında gürültü düzeyi daha da yüksek olur. Boru ve kanalların dışarıya ilettikleri sesin azaltılmasında ya da dışarıya açılan boru ve kanalların neden oldukları gürültünün kontrol edilmesinde, filtre elemanı olarak susturucular önemli rol oynarlar. Bu bölümde, özellikle atmosfere açılan boru ya da kanal ağzlarında yaygın olarak kullanılan susturucular incelenecek, susturucuların tasarım ilkeleri konusunda bazı temel bilgiler verilecektir. Benzer susturucular, boru ya da kanal boyunca, araya bir yere de konulabilir. Aşağıda verilen tasarım ilkeleri her iki durum için de geçerlidir. [18]

Susturucuların çok değişik çeşitleri vardır. Bunların tümünün burada ayrıntılı olarak incelenmesi olanaksız olduğundan, bu bölümde yalnız en basit susturucu tipi olan tek genişleme odalı susturucular incelenmiştir. Şekil 4.29' da tek genişleme odalı bir susturucu şematik olarak gösterilmektedir.



Şekil 4.29 Tek genişleme odalı bir susturucu şeması.

Bir susturucunun girişindeki ses basıncı düzeyiyle, çıkışındaki ses basıncı düzeyinin farkı olarak tanımlanan, susturucu *ses iletim kaybı* (TL), *düşüş* adı verilen S_2/S_1 (genişleme odası kesitinin giriş kesitine oranı) oranına, susturucunun boyuna ve söz konusu sesin frekansına bağlıdır :

$$TL = 10 \log [1 + 1/4 (\underline{m} - 1/\underline{m})^2 \sin^2 k L_S] \quad (4.9)$$

$$\underline{m} = \text{düşüş} = S_2 / S_1 \quad (4.10)$$

$$k = \text{dalga boyu sayısı} = 2\pi / \lambda_f = 2\pi f / c \quad (4.11)$$

$\lambda_f = \text{söz konusu frekansın dalga boyu}$

Formülden görüleceği gibi, $\sin kL_S = 0$ olursa, susturucunun ses iletim kaybı (TL) sıfır olur. Yani, ses basıncı düzeyinde hiçbir azalma sağlanamaz.

$\sin kL_S = 0$ olması için

$$kL_S = n\pi \quad n = 1, 2, \dots \quad (4.12)$$

$$\text{ya da } L_S = n\pi / k = n\lambda_f / 2 \quad n = 1, 2, \dots \quad (4.13)$$

olması gerekir. Bu da, boyu L_S olan bir susturucunun

$$\lambda_f = 2L_S / n \quad n = 1, 2, \dots \quad (4.14)$$

dalga boylarına sahip sesleri azaltmadığını gösterir. Buna karşılık, boyu L olan bir susturucunun en etkili olarak azalttığı seslerin dalga boyları

$$\sin kL_S = +1 \quad n = 1, 3, 5, \dots \quad (4.15)$$

$$kL_S = n\pi / 2 \quad n = 1, 3, 5, \dots \quad (4.16)$$

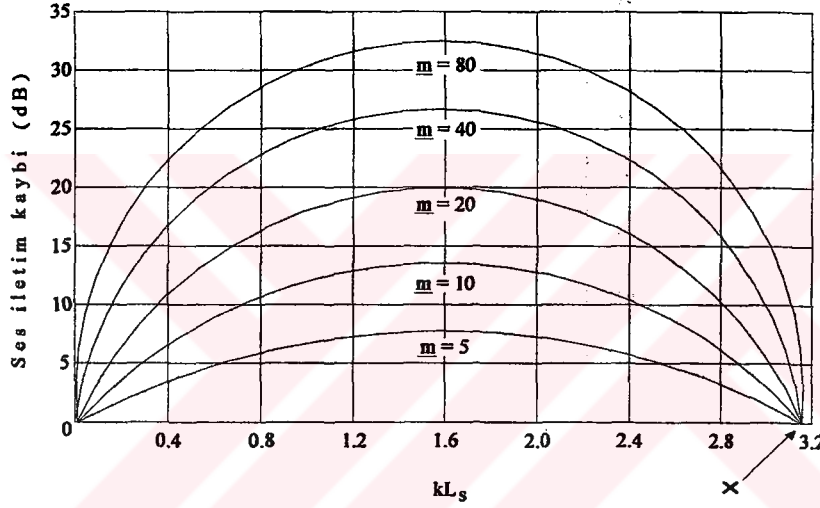
$$L_S = n\pi / 2k = n\lambda_f / 4 \quad n = 1, 3, 5, \dots \quad (4.17)$$

eşitliğinden

$$\lambda_f = 4L_S / n \quad n = 1, 3, 5, \dots \quad (4.18)$$

olarak bulunur. Yukarıdaki sonuçlar, bu tip susturucuların dar bir frekans bandı için yararlı olabileceğini göstermektedir.

Uygulamada, bu tip susturucular, daha çok belirgin bazı frekanslardan oluşan gürültülerin azaltılması için kullanılırlar. Belli frekans için en etkili olabilecek şekilde tasarımı yapılmış tek genişleme odalı bir susturucunun, tasarımının yapıldığı frekansta ve öteki frekanslarda sağlayacağı ses iletim kayıpları, Şekil 4.30'deki eğriler yardımıyla bulunabilir. Bu şekildeki eğriler, belli bir susturucunun, tasarladığı frekansta en yüksek ses iletim kaybını sağlarken, bu frekansa yakın frekanslarda da oldukça yüksek ses iletim kaybı sağlanabileceğini göstermektedir. Başka bir deyişle, özellikleri belli bir susturucu, dar bir frekans bandında etkili olmaktadır. Birden fazla susturucunun seri olarak bağlanmasıyla da, değişik frekans bantlarındaki gürültülerin azaltılabilmesi sağlanabilir.



Şekil 4.30 – Tek Genişleme Odalı Susturucuların Sağladığı Ses İletim kaybının kL_s ile Değişimi (kL_s 'nin π 'den büyük olması durumunda; 0 ile π arasında bir değer elde edilene kadar kL_s 'den π sayısı çıkarılmalıdır).

Boru ve kanallarda gürültü azaltılması , gürültü kontrolünün önemli bir konusu olduğundan , üzerinde çok fazla çalışma yapılmıştır. Boru ve kanallarda gürültü kontrolü yöntemi olarak susturucu kullanımının yeğlendiği ya da diğer yöntemlere ek olarak susturucuların da kullanıldığı başlıca yerler şunlardır :

- Fabrika dışında gaz atan boru çıkışlarında.
- Isıtma, havalandırma sistemlerindeki hava kanallarında.
- Motor, gaz türbini, kompresör, fan ve bazı pistonlu makinelerin hava girişinde
- Pistonlu makinelerin ve vakumlu pompaların gaz çıkışlarında.

Örnek 1– 40 cm uzunluğundaki, tek genişleme odalı bir susturucunun, 1000-2000 Hz arasındaki hangi frekanslarda en etkili olarak gürültüyü azalttığını bulunuz.

Çözüm - L_s boyundaki bir susturucu, dalga boyları
 $\lambda_f = 4L_s / n$ $n = 1,3,5, \dots$
olan sesleri en etkili şekilde azalttığına göre ;
 $\lambda_f = 4 \times 0,4 / n = 1,6 / n$ $n = 1,3,5, \dots$
yazabiliriz. Havada yayılan ses dalgaları için
 $f = c / \lambda_f = 344 / \lambda_f$ $f = 344n / 1,6 = \text{Hz}$
olduğundan, susturucunun en etkili olduğu frekansları olarak elde ederiz. Bu frekanslardan 1000-2000Hz arasında olanlar,
 $n = 5, 7$ ve 9 alarak

$$f^1 = 1075 \text{ Hz} , f^2 = 1505 \text{ Hz} , f^3 = 1935 \text{ Hz} \text{ bulunur.}$$

Örnek 2 - Yukarıdaki örnekteki susturucunun giriş ve genişleme odacığı kesit alanları, sırasıyla, 12 cm^2 ve 78 cm^2 'dir. Bu susturucunun, frekansı 1500 Hz olan bir sesi ne kadar azaltacağını hesaplayınız.

Çözüm - $S_1 = 12 \text{ cm}^2$ ve $S_2 = 78 \text{ cm}^2$ olduğuna göre

$$m = S_2/S_1 = 78/12 = 6,5$$

1500 Hz frekansındaki bir ses dalgası için dalga sayısı k ,

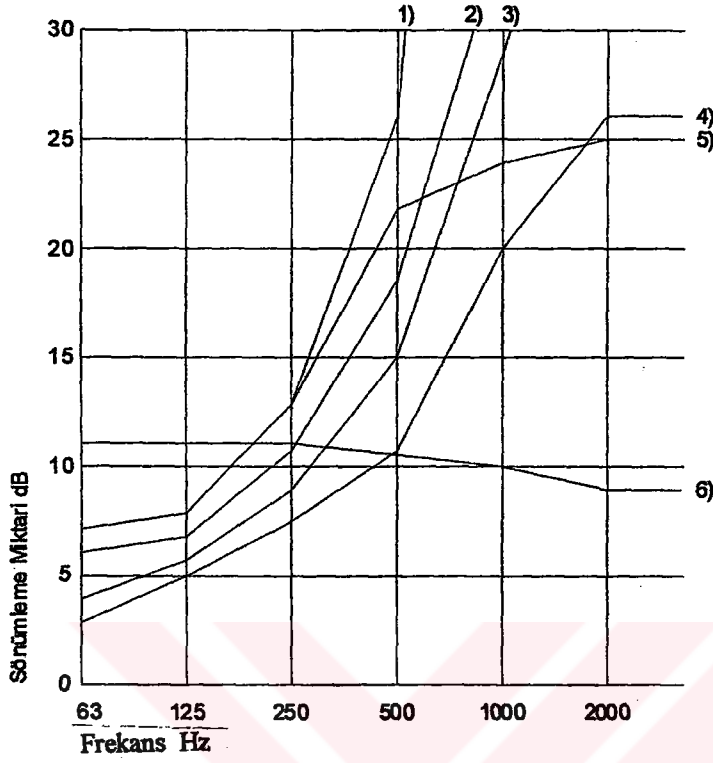
$$k = 2\pi/\lambda_f = 2\pi f/c = 2\pi \times 1500/344 = 27,4$$

olacağından, denklem (4.7) yi kullanarak, 1500 Hz frekansındaki bir ses dalgası için susturucunun sağlayacağı ses iletim kaybı

$$TL = 10 \log [1 + 1 / 4 (6,5 - 1 / 6,5)^2 \sin^2 (27,4 \times 0,4)] \text{ dB}$$

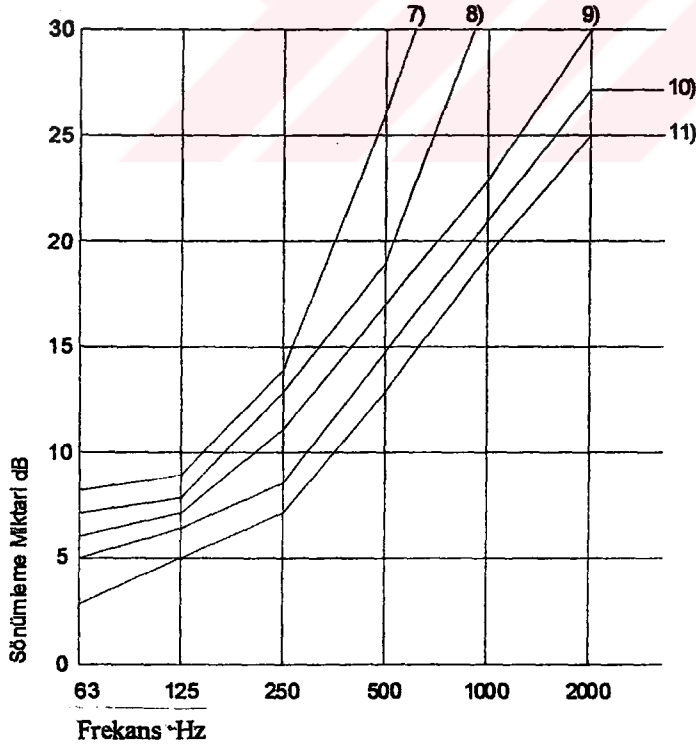
$$TL = 10,4 \text{ dB bulunur.}$$

Örnek 3- Bir Alman firmasının susturucularına ait diyagramlar aşağıdadır.
(Şekil 4.31 a ve b)



Ø 80' den Ø160' a
kadar olan
susturucular için
sönümlene miktarı.

- 1) Uzunluk : 1020 mm
- 2) Uzunluk : 840 mm
- 3) Uzunluk : 660 mm
- 4) Uzunluk : 480 mm
- 5) AWM, AWE, AVE modeli
- 6) ATE modeli



Ø180' den büyük olan
susturucular için
sönümlene miktarı.

- 7) Uzunluk : 1380 mm
- 8) Uzunluk : 1200 mm
- 9) Uzunluk : 1020 mm
- 10) Uzunluk : 840 mm
- 11) Uzunluk : 660 mm

4.8. Çoklu Kazan Bağlantısı : Çaplandırma

Birden fazla ısı üreticisinin tek bacaya bağlanması durumunda duman kanalının ölçülen dirilmesinde başlıca fiziksel öğeleri göz önünde bulundurmak gerekir:

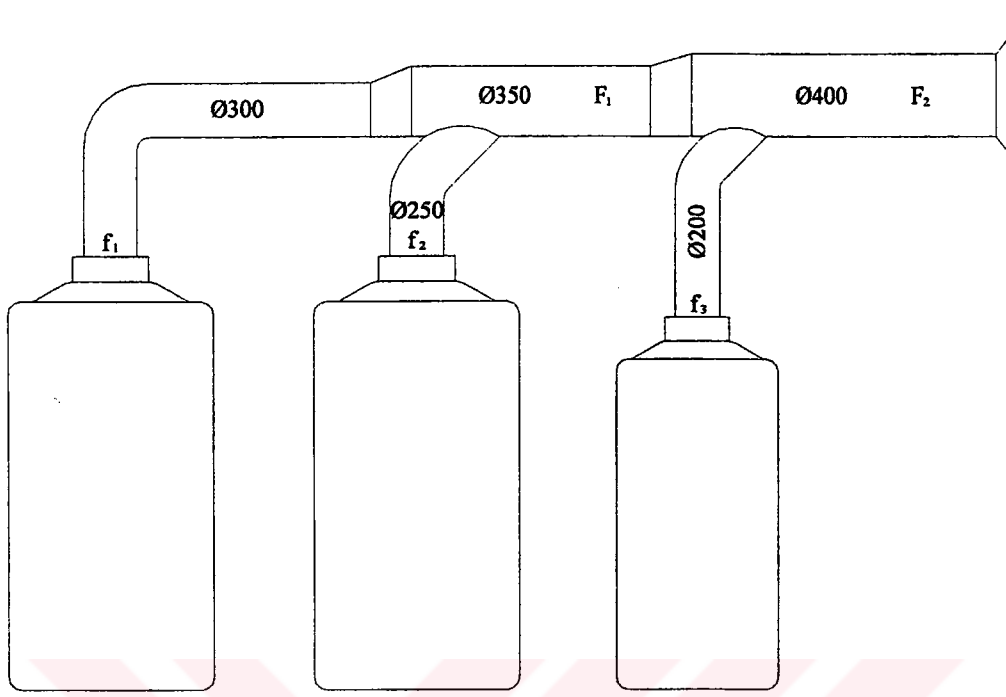
- Toplam kanal boyunu (etkin baca yüksekliğinin en fazla $\frac{1}{4}$ 'ü kadar)
- Kazan çıkış ağzı, kesit şekli
- Isı yalıtımı (1 m'nin üzerindeki duman kanallarında tavsiye edilir)
- Yükselti farkı (çalışma boyuna bağlıdır)
- Dirençler (mümkün olduğunca az yön değiştirmeli ve bacaya eğik saplanmalıdır)

Normalde duman kanalının çapı ısı cihazlarının çıkış çaplarına denk gelmektedir. Tuğla bacaların çapı min.13,5 cm,buna bağlanan duman kanalının da en küçük çapı min.6 cm olmalıdır; kural olarak uzun kenar 1,5 mislini geçmemelidir. Ortak kullanılan bacalarda ısı cihazlarının duman kanalının kesiti sabit kalmalı ve bacanın kesit alanını geçmemelidir. Çok fazla etkin yüksekliğe sahip tekli bacanın kesit alanı,duman kanalının kesit alanından küçük olabilir. Bu gibi durumlarda ağız kesit şekil değişikliğine ya da duman kanalı hattında boy değişikliğine izin verilmiştir. Genel olarak kesit değişikliği ısı cihazlarının ağızında ya da bacaya saplanmadan önce yapılmalıdır.

Gazla çalışan ısı cihazlarında kullanılan ortak duman kanalı için özel kurallar mevcuttur. Saplantılar 45°'nin üstünde yapılmamalıdır. Fansız brülörlü ısı cihazlarında mümkünse direk ağızdan itibaren 0,5 m düşey hat düzenlenmeli. Isı cihazlarının türlerine göre şu kesitlere dikkat edilmelidir:

- Dönüşümlü çalışan ısı cihazlarının en büyük duman kanalı kesiti esas alınmalı,
- Aynı anda çalışan ısı cihazlarında, saplantıdan önce ağız kesitlerinin toplamının 8/10'u kadar duman kanalı kesit alanı büyütülmelidir (Şekil 4.32).

Duman kanalı tip kontrolü sırasında yanma tekniği gereksinimi sağlayıp sağlamadığına bakıldığından,bu kural cihazla birlikte sunulan duman kanallarında geçerli değildir.



Şekil 4.32 Üç kazanın bağlanması

Dikkat: Mevcut bir bacanın duman kanalı değiştirilecekse ya da farklı değerde, yani ilk defa kullanılacak bir ısı cihazı bağlanacaksa, o zaman duman kanalının yeterliliği yanma tekniği gereksinimine cevap verip vermediği hesaplanmalıdır.

4.9.Genleşme : Kompansatörler

Baca hattında meydana gelen ısı genleşme, büzülme ve titreşimlerden dolayı olabilecek boyut değişimlerini kompanse eden tesisat elemanlarına kompansatör denir.

Bacadaki genleşme; sıcaklık farkı, baca uzunluğu ve malzeme cinsine göre tespit edilir.

$$\Delta L = \alpha \cdot HL \cdot \Delta T \quad (4.19)$$

ΔL : Bacanın toplam genleşme miktarı (mm)

α : Sıcaklığa bağlı katsayı (mm/m-°C)

0-100°C için 0,011

100-200°C için 0,012

200-300°C için 0,013

300-400°C için 0,0134

HL : Baca uzunluğu (m)

ΔT : Sıcaklık farkı ($T_w - T_L$)

4.9.1. Kompansatörün Yapısı :

Kompansatörler, birden fazla ondülasyondan fazla oluşan körtük ve bağlantı elemanlarından meydana gelir. Bağlantı şekline göre döner flanşlı, sabit flanşlı ve kaynak tipleri vardır.

Bacalarda kullanılan kompansatörler laynerli ve eksenel kompansatörlerdir.

Laynerli Kompansatörler:

Layner, kompansatörün iç kısmına yerleştirilen kovandır. Körüğün iç yüzeyi ile akışkanın temasını önlemek için laynerli kompansatörler kullanılır. Laynerli kompansatörler, akışkanlarda normal şartlarda kullanılmaz.

Genel olarak kullanıldığı ortamlar:

- Toz akışkanlar
- Kızgın yağ hatları
- Yüksek akışkan hızlarında
- Korozyif akışkanlarda
- Ters akışın söz konusu olduğu durumlarda
- Yüksek viskoziteli akışkanlarda

Diğer kompansatörler:

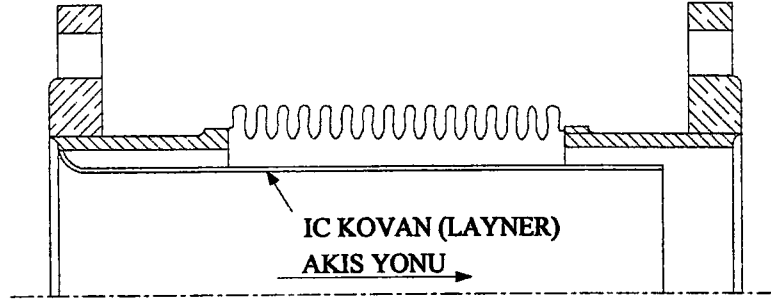
Dış kovanlı kompansatörler

Saplamalı (Tie-Rod) kompansatörler

Dıştan basınçlı kompansatörler

Genleşme Türleri göre:

- 1- Eksenel genleşme
- 2- Açısal genleşme
- 3- Yanal genleşme



Şekil 4.33 Laynerli Kompansatör. [21]

Eksenel kompensatör:

En yaygın kullanılan kompensatördür. Özellikle, eksenel genleşmeleri absorbe etmek için kullanılır. Ancak aynı anda düşük oranda yanıl ve açısal hareketleri de absorbe ederler.

Diğerleri:

Açısal kompensatör:

Yanal kompensatör:

4.9.2. Mesnetler

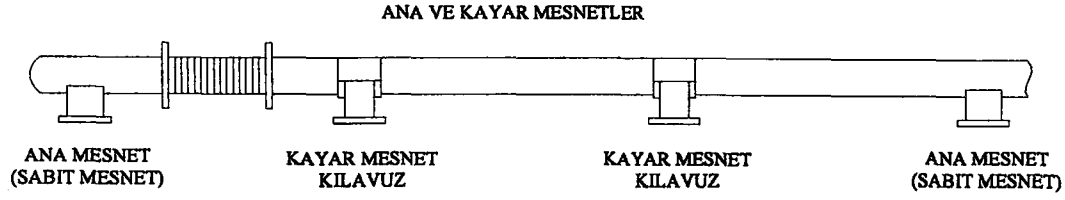
Baca hatlarının dizaynında mesnetlerin yeri önemlidir. Bu mesnetler, kompensatörlere ekstra baca yüklerinin, kuvvetlerin ve momentlerin etki etmesine önlemede önemli rol oynarlar.

4.9.2.1. Ana Mesnetler:

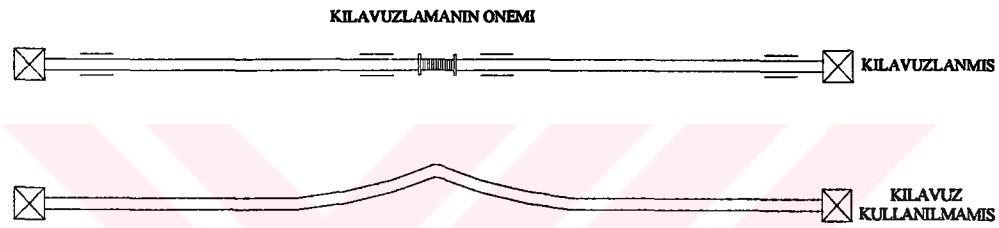
Basıncın etkisiyle körüğün etkisiyle oluşturduğu itme kuvvetine, akışına ve tüm baca hattı yüklerine karşı koyan mesnettir.

4.9.2.2. Kayar Mesnetler:

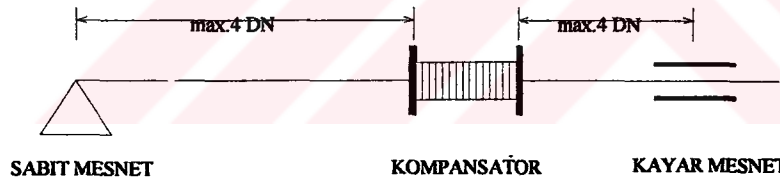
Baca hattı boyunca harekete klavuzluk etmek ve kompensatöre gelecek radyal yüklerin etkisini önlemek için kullanılır.



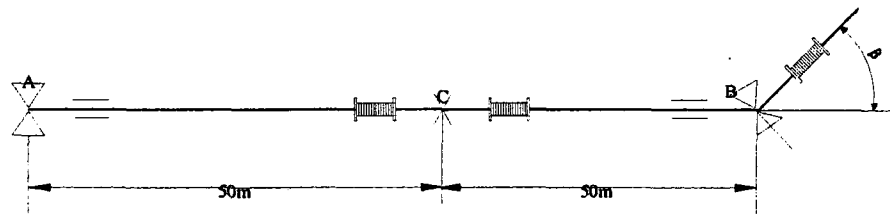
Şekil 4.34 Ana ve kayar mesnetler[21]



Şekil 4.35 Klavuzların önemi[21]



Şekil 4.36 Kompensatörün mesnetlere göre yerleşimi[21]

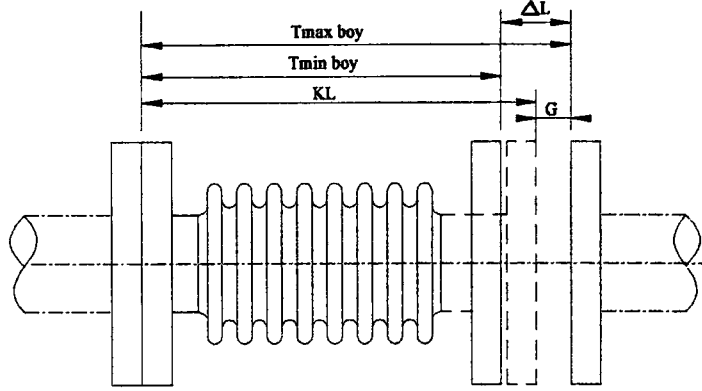


Şekil 4.37 Bir uygulama örneği[21]

4.9.2.2. Kompansatörlerin Montajı:

Bu kompensatörün genişleme miktarı kompensatörün serbest boyundan sıkışma miktarı (-) ile gerileme miktarının (+) toplamına eşittir.

Kompansatörün toplam genişleme miktarının tamamını kullanabilmek için kompansatör, montaj esnasında bir ön gerilemeye tabi tutulur.



Şekil 4.38 Ön gerilme verilerek yapılan flanşlı bağlantı

Ön gerilmenin hesap edilmesi: (G)

$$G = \frac{\Delta L}{2} - \Delta L \times \frac{T_L - T_{min}}{T_{max} - T_{min}} \quad (4.20)$$

T_L -Montaj sıcaklığı, °C

T_{min} -Minimum çalışma sıcaklığı, °C

T_{max} -Maksimum çalışma sıcaklığı, °C

KL -Kompansatör boyu, m

Örnek : $\Delta L = 12$ mm hesaplanan bir kompansatörde

$T_L = 15$ °C , $T_{min} = 105$ °C , $T_{max} = 500$ °C ise;

$$G = \frac{\Delta L}{2} - \Delta L \times \frac{T_L - T_{min}}{T_{max} - T_{min}} = \frac{12}{2} - 12 \times \frac{15 - 105}{500 - 105}$$

G= 8,8 mm bulunur.

4.10.Hava Kirliliği : Filtre

4.10.1. Arıtma Sistemlerinin Çeşitlerinin Çeşitleri ve Seçimi

Çevre Koruma kriterleri içerisindeki standartlar kapsamında müsaade edilen değerler çerçevesinde atmosfere atılabilecek atıklar için çeşitli önleme metotları geliştirilmiş ve hızlı bir şekilde de gelişme göstermektedir. Uygulamalardaki her metot, yer ve amaca uygun olarak kazanmakta, kendi içerisinde çeşitlilikler göstermektedir. Hava kirliliğinin iyileştirilmesi ancak sürekli olarak kontrol ile mümkündür. Endüstride büyük bir problem olan partiküler maddeler çeşitli toplama araçları yardımıyla birçok amaçla toplanmaktadır. [19,20]

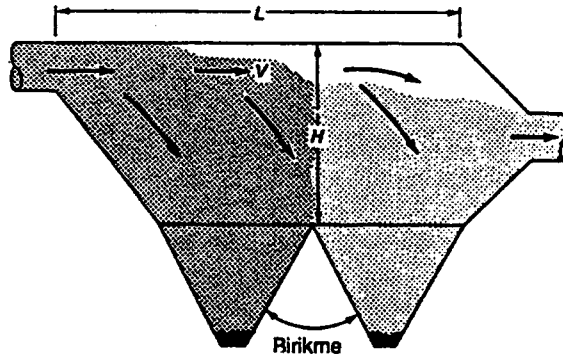
Bunlar aşağıdaki gibi sıralandırılabilir.

1. Hava kirliliğini önlemek
2. Endüstriyel tozların toplanması
3. Kıymetli tozların geriye kazanılması
4. Toz halinde imalatın sürdürülmesi
5. Bazı imalat sektöründe ekstra temizliğin sağlanması (ilaç san. vb.)
6. Bazı malzeme ve tesislerin işletme ve bakım masraflarını minimize etmek (motor vb. araçlardaki hava filtreleri)

Partiküler maddelerin tutulması amacıyla kullanılan kontrol metotlarının başlıcaları şunlardır:

4.10.1.1 Ağırlık Metotları

Bir akışkan içinde hareket eden parçacıklar ağırlıkları etkisiyle çökerler. Basit çöktürme odaları olarak ve/veya çok odalı olarak yapılmaktadır ve çoğunlukla ön temizlik odası olarak kullanılırlar. Tek odalı çöktürme odalarındaki tutma çapı 40 µm, çok odalı çöktürme odaların tutma çapı 10 µm değerindedir. Dezavantajları ise çok büyük hacimli olmalarıdır. Çalışma prensibi; bir parçacık hacmin üst kısmından ilk hızla giriş yapar. Hacmin uzunluğuna ve oda sayısına bağlı olarak partiküler ağırlıklarına ve çaplarına göre çöktürülürler. Aşağıdaki bu yöntemle çalışan bir sistem görülmektedir.



Şekil 4.39 Çöktürme odalı sistem [20]

4.10.1.2 Atalet Metotları

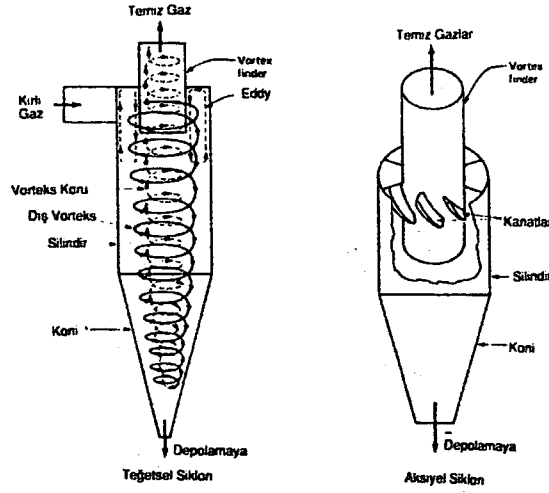
Bir gaz akımı ile hareket halindeki parçacıklar, akımın yönü ve doğrultusunun değiştirilmesi sonucu, ataletleri nedeniyle akımdan ayrılmak suretiyle ilk doğrultuda hareket edeceğinden parçacıklar gaz akımından ayrılırlar. Uygulamada pek çok tip söz konusudur. Bunlara engel odaları, yüzey çarptırma sistemleri, siklonlar, prototip siklonlar, sıvı yıkamalı sistemler örnek verilebilir.

Engel Odaları; özellikle güç sistemlerinde, döner fırınlarda, asit damlacıklarının tutulmasında kullanılır. Ortalama 20 μ m çaplı partiküllerin tutulmasında kullanılırlar.

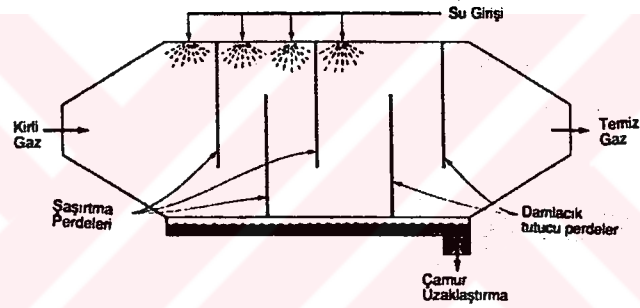
Yüzey çarptırma sistemleri; yüksek hızla gelen gaz akımının bir plaka veya engele çarptırılması sonucu parçacıkların tutulması sağlanır. Ortalama 2 μ m partikül çaplarına kadar tutma imkanı söz konusudur. Genellikle asit damlacıklarının tutulmasında kullanılır. *Siklonlar;* Yapı itibarı ile sistem içerisinde dönel hareket söz konusudur. Bu amaçla merkezkaç kuvveti etkisi ile akışkan cidarlar sürtünür. Özellikle uçucu kül, çimento, ağaç tozları vb. proseslerde kullanılırlar. Tekli uygulamalarının yanında çoklu (multi) siklon uygulamaları da mümkündür. Tekli siklonda tutulan partikül çapı 10–15 μ m civarında iken multisiklon uygulamalarında partikül çapları 5 μ m civarındadır.

Sıvı yıkamalı sistemler; asılı partikülleri gaz akımından ayırmak veya ayrılmasına yardımcı olmak maksadıyla bu yöntem uygulanır. Yıkama, yağmurlama şeklinde olabileceği gibi doğrudan sıvı banyosundan geçirme şeklinde de olabilir. Bu yöntem yardımıyla şu özelliklerden yararlanılır; nem almak suretiyle kümelenme, toz parçacıklarının hızla bir yüzeye çarparak yapışması, özellikle küçük partiküllerin sıvı

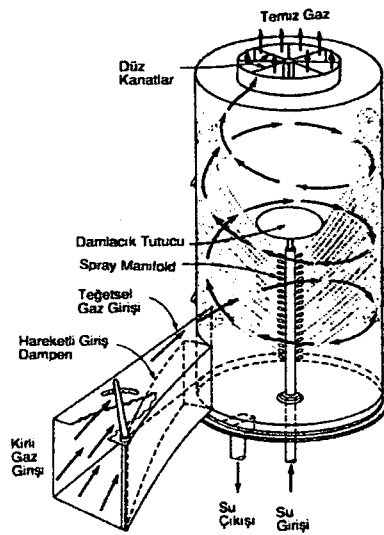
damlacık yüzeylerine tutularak toplanması, toz parçacıklarına daha geniş hareket imkanı sağlaması.



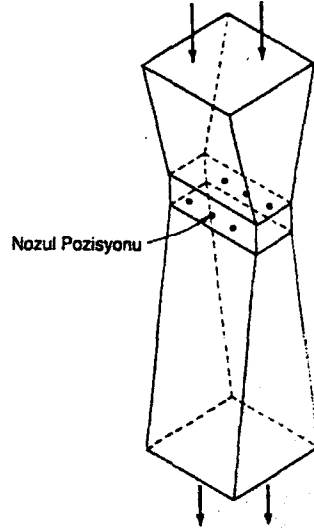
Şekil 4.40 Siklonlar[20]



Şekil 4.41 Sprey tip yıkayıcı sistem[20]



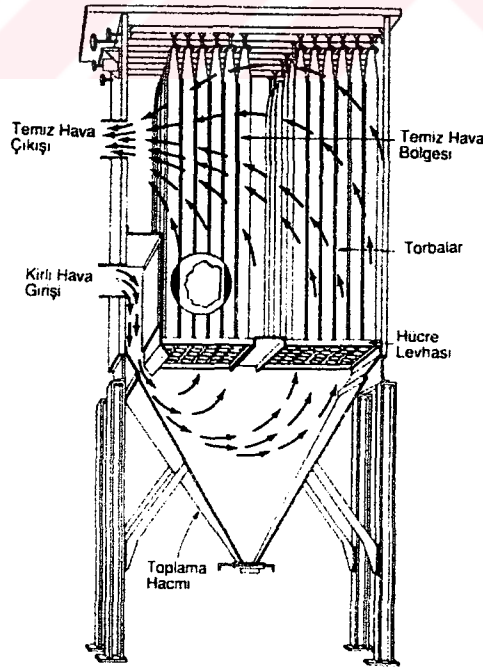
Şekil 4.42 Siklonik tip yıkayıcı. [20]



Şekil 4.43 Venturi tip yıkayıcı. [20]

4.10.1.3 Filtrasyon Süzme Metotları

Prensip olarak gözenekli malzemelerden (elyaf, kumaş, metal vb.) gazı geçirmek suretiyle bu gözeneklerde büyük boyutlu partiküllerin tutulması sağlanır. İlk anda verimi düşük basınç kaybı az olmasına karşın sistem rejime girdikten sonra verim ve basınç kaybı da artar. Bu da gözeneklerin küçülmesine dolayısıyla tutulan partiküllerin boyutlarında küçülmektedir. Bu tür filtreler üç grupta toplanmaktadır.



Şekil 4.44 Elyaf filtreli sistem. [20]

A Sınıfı filtreler: Yapıları oldukça kaba olmasına rağmen verimleri yüksektir. Belirli sıcaklık sınırlarında çalışırlar. Yaygın olarak büyük boyutlu tozlar, lifler ve boyama ünitelerinde kullanılırlar. Tutma çapları 7–10 µm civarındadır.

B Sınıfı filtreler: Bu filtrelerin yapısı ince örgülüdür. Debi ve sıcaklık sınırlaması vardır ve verimleri yüksektir. Klima santrallerinde ve bazı hacimlerin hava şartlandırılması amacıyla kullanılır. Tutma çapları 0,2 – 2 µm civarındadır.

C Sınıfı filtreler: Hassas filtrelerdir. Debi ve sıcaklık gibi sınırlayıcı faktörlerin etkisindedir. Tek kademeli ve iki kademeli olarak yapılmaktadır. Radyoaktif tozlar, sterilizasyon üniteleri, hassas şartlandırma gerektiren endüstriyel tozlar, çimento, duman, is, yanma atıkları vb. başlıca kullanım alanlarıdır. Tutma çapları 0,01µm altındaki değerlere kadar uygulama alanları mevcuttur.

4.10.1.4 Elektrostatik Çöktürücüler

Gaz akımı içindeki parçacıklar elektrostatik alanda yüklenir ve alanın etkisi ile hareket ederler. Elektrostatik alandaki gaz iyonlarına etkiyen kuvvetlerin etkisi ile oluşan momentum transferi sonucu gaz akımı içerisindeki parçacıklar ivme kazanırlar ve hızları artar. Silindirik veya plaka cidarlar etrafında toplanan parçacıklar zaman içerisinde otomatik olarak dökülürler.

Olay iki aşamada gerçekleşir:

1. Gaz iyonizasyonu ve parçacıkların yüklenmesi
2. Yüklenen parçacıkların toplanması

Bu aşamalar sürecinde kullanılan iki tip filtre kullanılmaktadır.

1. İyonizasyon + toplama kombine bir birim
2. İyonizasyon birinci kademe ve toplama ikinci kademe

Tek kademeli olanların verimleri ve maliyetleri yüksektir. Ağır toz yüklerinde çalışabilirler. Toz tutma çapları 0,1 µm'küçük veya bu değerdedir. İki kademeli olanlar, daha kompakt olup genellikle hava şartlandırılmasında kullanılırlar.

4.10.1.5 Termal Tutucular

Isıtılmış yüzeyler civarında moleköl çarpmaları, parçacıkları bu yüzeylerden uzaklaştırır. Endüstriyel uygulamaları pek yoktur. Toz numunesi alma sistemlerinde kullanılırlar.

4.10.1.6 Sonik Tutucular

Yüksek şiddette akustik titreşim, çok ince tozların duman haline gelmesine ve kolaylıkla toplanmasına neden olurlar. Genel olarak 1000 – 10000 Hz frekanslar kullanılır.

4.10.2. Uygulamalar

Uygulamalardaki partiköl er madde kontrol sistemlerinin genel bir değeriendirilmesi yapılacak olursa;

SİKLONLAR:

- 1- Partiköl er madde kaba ise
- 2- Konsantrasyon yüksek ise ($>2,3 \text{ g/m}^3$)
- 3- Sınıflandırma gerekiyorsa
- 4- Çok yüksek verim gerekiyorsa

ISLAK TUTUCULAR:

- 1- Çok ince partiköl er madde yüksek verimle tutulmak isteniyorsa
- 2- Soğutma isteniyorsa ve nem problem oluşturmuyorsa
- 3- Gazlar yanıcı değilse
- 4- Partiköl er madde ile birlikte gazların tutuşma riski varsa

ELYAF FİLTRELER:

- 1- Çok yüksek verim isteniyorsa
- 2- Değişik maddeler kuru olarak toplanacaksa
- 3- Gaz yoğuşma noktasının üstündeyse

- 4- Hacim çok büyük değilse
- 5- Sıcaklık çok yüksek değilse

ELEKTROSTATİK ÇÖKTÜRÜCÜLER:

- 1- Çok ince partiküller madde yüksek verim tutulacaksa
- 2- Çok yüksek gaz hacmi arıtılacaksa
- 3- Değerli madde toplanacaksa

4.10.3. Katı Partiküller İçin Cihaz Seçimi

Katı partiküllerin tutulmasında kullanılacak cihazlar için gaz önünde bulundurulması gereken bazı faktörler söz konusudur. Bu faktörler aşağıda belirtilmiştir.

1-Partikül Karakteristikleri ;

partikül büyüklükleri, partikül şekilleri, partikül yoğunlukları, kümelenmeye olan eğilimleri, yapışkanlık durumları, aşındırıcılık özellikleri, tutuşabilme özellikleri ve elektriksel kuvvetlere karşı gösterdikleri özellikler.

2- Taşıyıcı Gaz Akımının Karakteristikleri ;

sıcaklık, basınç, nemlilik derecesi, yoğunluk, viskozite, elektriksel özellikler, aşındırıcılık ve tutuşabilme durumu.

3- Proses Faktörleri ;

hacimsel gaz oranları, partikül derişimi, debi (maddenin akış oranı değişmesi, arzu edilen toplama verimi, hesaplanan basınç düşümü ve elde edilen toplam ürünlerinin kalitesi.

Tablo 4.4. Uygulama Alanlarına Göre Kontrol Araçları

Kirletici Kaynak	Toz yükü	Parça Büyüklüğü	1	2	3	4	5
<u>Kömür üretim end.</u>							
Malzeme nakli	Orta	Orta	C	B	D	A	A
Havalandırma	Orta	İnce	B	A	D	A	B
Öğütme, ufalama	Ağır	Orta	A	A	B	A	B
Kurutma	Ağır	İnce	C	B	D	D	A
<u>Maden Üretimi</u>							
Maden nakli	Orta	Orta	C	B	B	A	A
Fırında kurutma	Orta	Orta-iri	A	A	B	C	A
Çimento fırını	Ağır	Orta-ince	C	A	C	B	D
Çimento öğütme	Orta	İnce	C	C	C	A	D
<u>Güç Sistemlerinde Kömür Yakma</u>							
Zincirli ızgara	Hafif	İnce	D	C	D	D	D
Stokerli	Orta	Kaba-ince	C	A	C	D	D
Pülverize	Ağır	ince	C	A	A	D	D
<u>Dökümhaneler</u>							
Silkme	Orta	İnce	C	C	D	C	A
Kum nakli	Orta	Orta-ince	C	C	D	C	A
Kalıplama	Ağır	Orta-kaba	D	D	D	A	A
Temizleme	Orta-ağır	Orta-ince	D	B	D	A	A
<u>Un ve Yem Fabrikaları</u>							
Hububat nakli	Hafif	Orta	A	B	D	A	C
Hububat kurutucu	Hafif	Kaba	D	D	D	D	D
Un tozları	Orta	Orta	A	A	D	A	B
Yem değirmenleri	Ağır	Orta	A	A	D	A	B
<u>Celik Üretimi</u>							
Elektrik fırınları	Hafif	İnce	D	D	C	A	A
Eritme fırınları	Ağır	Kaba-ince	A	C	A	D	A
Açık ocak	Orta	Kaba-ince	D	D	A	C	C
Demir ocağı	Orta	Kaba-ince	C	C	B	B	A
<u>Kereste Sanayi</u>							
Ağaç doğrama	Orta	Kaba-ince	A	B	D	A	C
Zımparalama	Orta	İnce	A	B	D	A	B
Taşıma	Ağır	Kaba-ince	A	C	D	B	B
<u>Kauçuk Üretimi</u>							
Harmanlama	Hafif	İnce	D	D	D	A	A
Taşıma	Orta	Kaba	A	A	D	A	A

1 : Tek siklonlu uygulama
2 : Çoklu siklonlu uygulama
3 : Elektrostatik çöktürücü
4 : Filtreler
5 : Yıkayıcı toz tutucular

A : Sık sık
B : Ara sıra
C : Seyrek
D : Hiçbir zaman

4.10.4. Gaz ve Buharların Kontrolü

Hava kirletici maddeler arasında gaz ve buharlar en büyük grubu oluşturmaktadırlar. Bunlara örnek olarak SO_x , NQ_x , CO, HC (Hidrokarbonlar) verilebilir. Bu tür kirleticilerin en önemli kaynağı fosil yakıtlardır. Diğer taraftan yukarıdaki verilen kirleticilerin dışında kalan ve sayıları binlerle ifade edilebilen diğer gaz ve buharlar çok sayıda endüstriyel faaliyet sonucu havaya verilirler ve bölgesel olarak önemli kirletme potansiyeli gösterirler.

Gaz ve buhar halindeki hava kirleticilerin kontrolünde uygulanan teknikler üç ana başlık altında verilebilir. Bunlar adsorpsiyon, absorpsiyon ve yakma prosesleridir.

4.10.4.1. Adsorpsiyon

Adsorpsiyon bir akım içindeki gaz ve sıvı komponentlerin bir kısım katılar tarafından alıkonulması esasına dayanan bir ayırma işlemidir. Katı absorpsiyon ortamına absorbent, adsorplanan sıvı veya gaz komponentlerine adsorbat adı verilir. Adsorpsiyon; kirletici gaz yanmayan veya güçlükle yanan bir gaz ise, kirletici geri kazanılmayı gerektirecek kadar değerli ise, kirletici çok seyreltik olarak deşarj ediliyorsa uygulama açısından önem kazanmaktadır. Adsorpsiyon prosesleri "fiziksel adsorpsiyon" ve "kimyasal adsorpsiyon (chemisorption)" olmak üzere ikiye ayrılırlar. *Fiziksel adsorpsiyon da gaz molekülleri*, moleküller arası çekim kuvvetinin (Van der Waals kuvvetleri) etkisi ile kati adsorbent yüzeyinde tutulurlar. Bu işlem ekzotermik olarak yürür. Serbest kalan ısı, çekim kuvvetlerinin büyüklüğünün fonksiyonudur, buharın yoğunlaşma ısısının mertebesine bağlıdır. Genel olarak 2-20 kJ/ mol aralığında değişir. Fiziksel adsorpsiyonun avantajı prosesin tersinir olasıdır. Gaz akımı içindeki adsorbatın kısmi basıncının azaltılması ile veya sıcaklığın artırılması ile şayet kimyasal yapıda bir değişiklik olmamışsa adsorplanan gaz hızla desorbe edilir. Bu geri dönüşümün başarısı adsorplanan gazın geri kazanılması veya adsorbentin yeniden kullanıma sunulabilmesi açısından büyük öneme sahiptir.

Fiziksel adsorpsiyon kullanılan katı absorbent yüzey alan ile orantılıdır. Fiziksel adsorpsiyonun tercih edilmesinde önemli bir husus da hızın oldukça yüksek olmasıdır.

Kimyasal adsorpsiyon adsorbat ile adsorplanan ortam arasındaki kimyasal etkilere dayanmaktadır. Bu prosesteki bağlama kuvvetleri fiziksel adsorpsiyondakinden çok daha büyüktür. Serbest bırakılan enerji de aynı şekilde büyüktür ve 20-400 kJ/g.mol aralığında değişmektedir. Bu nedenle kimyasal olarak adsorptanan molekül ile gaz akımı içindeki molekül farklı özelliktedirler. Kimyasal olarak adsorplanmış moleküllerin diğer bir moleküllerle reaksiyonu için gerekli enerjinin gaz fazda yer alan iki molekül arasındaki reaksiyona göre düşük olması katı adsorplama yüzeylerinin kimyasal reaksiyonları üzerinde katalitik etkisinden kaynaklanmaktadır. Bu tür prosesler nadiren tersinirdir. Adsorbatın kimyasal yapısı desorpsiyon esnasında değişime uğrayacaktır. Katalitik etkisi nedeniyle kimyasal adsorplama pek çok hava kirleticisinin kontrolünde gittikçe önem kazanmaktadır. Kimyasal adsorpsiyonun sıcaklıkla değişen türüne "aktive edilmiş kimyasal adsorpsiyon", çok hızlı yürüyen türlerine ise "aktive edilmemiş kimyasal adsorpsiyon" adı verilmektedir. Diğer taraftan bu prosesin ayırıcı bir özelliği de adsorbatın adsorpsiyon yüzeyi üzerinde tek bir mono moleküller tabaka oluşturacak şekilde tutulduğu için, tutma kuvvetleri etkilidir.

Adsorbent maddelerin boyutları, santimetreden başlayarak 200 µm veya daha küçük boyutlarda olabilir. Birim ağırlık başına büyük bir yüzey alanı ana özelliktir. Gazların adsorpsiyonunda dış yüzey alanı yerine katı madde üzerinde mevcut yarık ve çatlakların yüzey alanı belirleyici durumdadır. Etkin delik (gözenek) çapı adsorplanacak molekül çapından birkaç kat büyük olması halinde çok büyük ilave yüzey alanı kullanıma sunulmuş olmaktadır. Adsorbent olarak kullanılan maddeler ve genel özellikleri aşağıda verilmiştir.

Tablo 4.5. Adsorbentlerin Özellikleri

Adsorbent	Dökme Yoğunluk g/l	Tam Yoğunluk g/l	Mikropor Hacmi cm ³ /g	Makropor Hacmi cm ³ /g	Spesifik Yüzey Alanı m ² /g
Aktif karbon					
Geniş gözenekli	300-500	2.2	0.3-0.5	0.5-0.1	1000-1500
Dar gözenekli	400-500	2.0	0.25-0.4	0.4-0.5	600-1000
Aktif kok	600	1.9	0.05-0.15	0.2-0.3	100
Silika jel					
Dar gözenekli	700-800	2.2	0.35-0.45	< 0.1	600-850
Büyük gözenekli	400-800	2.2	0.3-0.45	0.05-0.1	250-350
Aktif alumina	700-800	3.0	0.4	0.1	100-400
Moleküler elek	600-900	2.6	0.25-0.3	0.3-0.4	500-1000

Aktif karbon kömür, odun, meyve çekirdekleri ve fındık kabuğunun karbonizasyonu ve sıcak hava veya buhar ile aktifleştirilmesi elde edilir. Genellikle solvent buharlarının geri kazanılması için kullanılır.

Slikajel, sodyum silikatın sülfürik asit ile çöktürülmesi ile elde edilir. Genellikle hava ve diğer gazlar içindeki rutubetin alınmasında kullanılır. Aktif karbon ve silikajel'de adsorplanan komponentler geri kazanılabilir. Aktif alumina da nem tutulması maksadıyla kullanılır ve alüminyum oksitten ibarettir. 175 ila 325 °C aralığında ısıtılarak rejenere edilebilir. Fuller toprağı doğal bir kilden ibarettir ve petrol, bitkisel ve hayvansal yağ sanayisinde kullanılır, tutulan organikler yıkama veya yakma ile giderilir.

Sentetik zeolit kristal formunda alüminyum silikat' tan ibarettir ve moleküler elek olarak adlandırılırlar. Bunların hassasiyet ve seçicilikleri en büyük avantajlarını oluşturmakta ve böylece sadece belirli moleküllerin adsorplanması mümkün olmaktadır. Delik büyüklüğüne bağlı olarak moleküller hızlı ve yavaş olarak adsorplanırlar veya hiç tutulmazlar. Sentetik zeolitler ısı veya çözücülerle rejenere edilebilirler. 0.003 μ nominal çaplı zeolitler H_2O ve NH_3 gibi molekülleri, 0.004 μCO_2 , SO_2 , H_2S , C_2H_4 , C_2H_6 ve C_2H_5OH gibi molekülleri, 0.005 μ ise dallanmamış parafinleri ve siklik hidrokarbonları adsorplama amacıyla kullanılabilir.

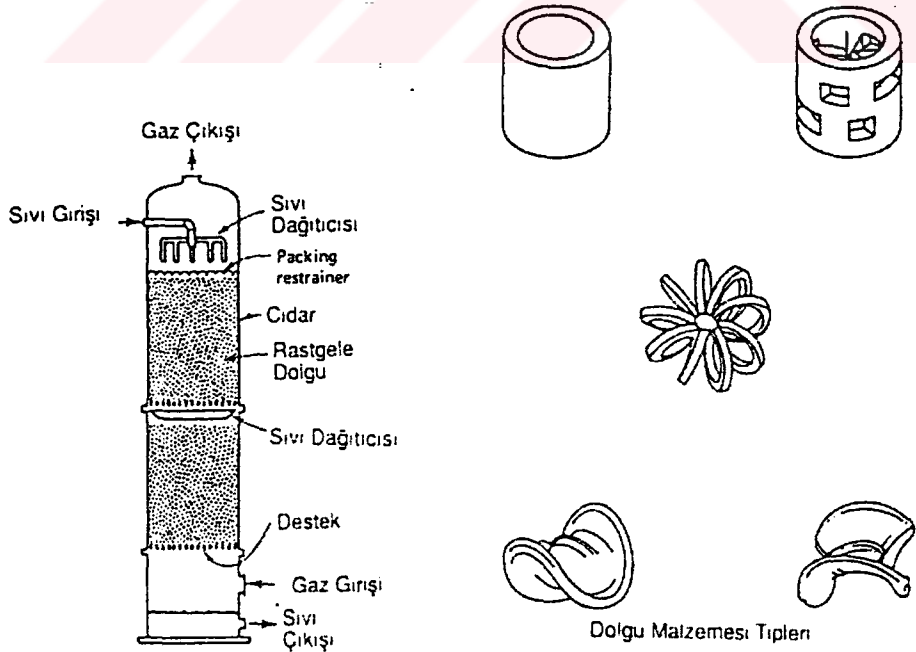
Adsorpsiyon ekipmanının seçiminde veya dizaynında dikkate alınması gereken hususlar;

- 1.Yeterli bekletme süresinin sağlanması
- 2.Gaz akımı içindeki adsorplanamayan kompenentlerin ön arıtma ile uzaklaştırılması böylece adsorpsiyon yatağının bozulmasının önlenmesi
- 3.Rekabete yol açan yüksek konsantrasyona sahip diğer gazların ön arıtılması,böylece adsorpsiyon kapasitesinin aşılmasının önüne geçilmesi
4. Gaz akımının yatak kesiti üzerinde homojen olarak dağılımının sağlanması
5. Doygunluğa ulaştıktan sonra adsorbent yatağının rejenere edilmesinin veya yenilenmesinin sağlanması

Kısaca adsorpsiyon sisteminin rejeneratif olan ve olmayan ve sürekli veya kesikli olmak üzere ayrımları söz konusudur. 1-2 ppm konsantrasyonuna sahip kirleticiler için tek geçişli ve rejeneratif olmayan sistemler kullanılırken, birkaç ppm den büyük konsantrasyonlu kirleticiler için bir veya iki geçişli rejeneratif tipli çok bölümlü sistemler tercih edilmelidir.

4.10.4.2. Absorpsiyon

Gaz halindeki kirleticilerin sıvılarla yıkama işleminde kirletici gaz yıkama sıvısı ile temas ettirilir ve takiben temizlenmiş gaz akımı kirlenmiş sıvı fazından ayrılır. Böylece kirletici gaz yıkama sıvısı içinde absorbe edilmiş olur. Bu işlemlere hava kirlenmesi kontrolünde "sıyırma" adı verilir. Proses esas itibarı ile temas yüzeyindeki konsantrasyon gradyentine dayanır ve yüzey alanının büyüklüğüne, türbülansa ve difüzyon katsayılarına bağlı olarak değişir. Bu nedenle gaz absorber üniteleri temas yüzey alanını maksimuma çıkarmayı aynı anda da basınç düşüşünü minimuma indirmeyi amaçlar. Sıvı ve gaz fazlarının teması sıvının gaz fazı içinde dispersiyonuna veya tersine dayanır. Sıvı fazın disperse edildiği sistemler dolgulu kolonlar, duşlama kolonları ve venturi absorberler olarak verilebilir. Basit bir ters akımlı dolgulu kolon aşağıda görülmektedir.



Şekil 4.45 Ters akımlı dolgulu kolon ve dolgu malzeme tipleri

Kirli gaz alttan girer ve üstten temizlenmiş olarak çıkarken, temiz sıvı üstten girer ve alttan çıkar. Bu kirli sıvı, ya kirleticinin sıyrılması ile sirkülasyona iade edilir veya ilave arıtma işlem ve proseslerinden geçirilir.

4.10.5. Kükürt Oksitlerin Kontrolü ve Arıtılması

Kükürt oksitler kaynaklarının yaygınlığı ve etkilerinin önemi nedeniyle en çok üzerinde durulan ve kontrolü için çaba sarfedilen kirleticilerdir. Kükürtoksitlerin kontrolü partiküler maddelerin aksine kaynakta kontrol üzerine yoğunlaşmıştır. Arıtma uygulamaları daha çok endüstriyel kaynaklarda ve belli bir boyutun üzerinde örneğin önemli miktarlarda yüksek kükürtlü kömür yakan santraller gibi büyük kaynaklarda yaygınlık kazanmıştır. Bu çerçevede kükürtoksit kontrolü kaynakta kontrol ve arıtma uygulamaları olarak iki grupta ele alınabilir. Bir üçüncü kontrol yöntemi emisyonun azaltılmadığı hallerde baca yüksekliklerinin artırılarak dağılımın kolaylaştırılması bu suretle en azından yer seviyesindeki kirlenmenin azaltılmasıdır.

4.10.5.1. Kaynağında Kontrol

Kükürt oksitlerin en önemli kaynağı yüksek kükürt içeren yakıtlardır. Bu nedenle yakıt kaynaklı kükürt oksitlerin kontrolünde

- *düşük kükürt içerikli yakıt kullanımı*
- *yakıtların kükürt içeriğinin azaltılması*

alternatifleri söz konusudur.

Düşük kükürtlü yakıt kullanımı küçük ve kontrol uygulaması yapılamayan kaynaklar için en iyi alternatiftir. Özellikle kentlerde ısınma amacıyla kullanılan yakıtların düşük kükürtlü türler arasında seçilmesi önem taşır. Bu çerçevede en iyi alternatif yakıt doğal gazdır. Bundan sonra düşük kükürtlü petrol türevleri ve kömür türleri dikkate alınır.

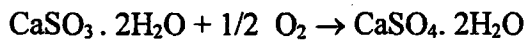
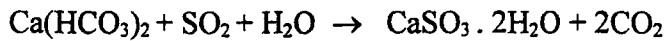
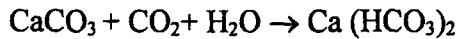
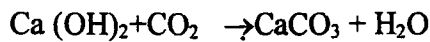
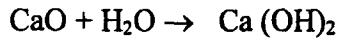
Kömürlerde kükürt organik ve inorganik yapıda bulunmaktadır. inorganik bileşen esas olarak pirit (FeS_2) olup, ayrılabilen partiküller halinde bulunur. Bu nedenle basit yıkama işlemleri ile uzaklaştırılabilir. Ancak inorganik kükürt bileşenleri ortalama olarak toplamın 1/3 'ü kadardır. Organik kükürt ise kömüre kimyasal olarak bağlıdır ve uzaklaştırılması için kömürün gazlaştırılması veya kömürün sentetik yakıtlara

çevrilmesi gibi büyük ölçekte ele alınabilen yüksek maliyetli karmaşık prosesler gerekir. Bu prosesler büyük ölçüde kömürün yapısına bağlı olarak dizayn edilirler. Petrol ürünlerinden yaygın şekilde yakıt olarak kullanılan fuel oil petrolün en ağır dolayısıyla kükürdün önemli kısmının biriktiği bir fraksiyondur. Fuel Oilden kükürdü giderilmesi için de çeşitli prosesler getirilmiştir. Ancak bunlar ülkemizde yeterince yaygınlaşmamıştır.

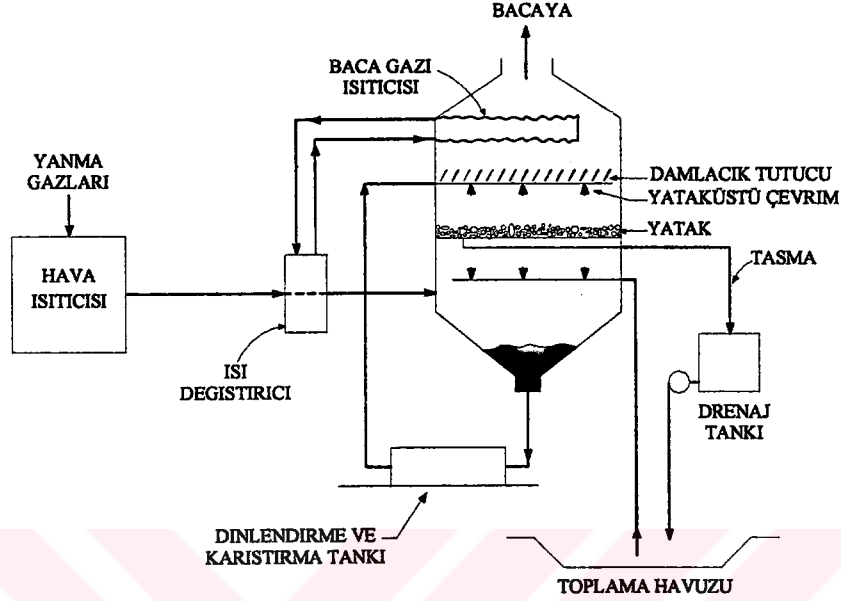
4.10.5.2. Arıtma Yöntemleri

Kükürtdioksitin arıtımı için çok sayıda yöntem önerilmekle birlikte teknik ve ekonomik olarak uygulanabilen pek az proses vardır. Kükürt dioksit arıtımı için kullanılan yöntemler iki ana gruba ayrılır. Bunlar yıkama prosesleri ve kuru proseslerdir. Yıkama prosesleri geri kazanmalı ve geri kazanmasız prosesler kireç, soda ve çift alkali prosesleridir. Her üç proses de en yaygın prosesler arasındadır. Geri kazanmalı prosesler magnezyum oksit, sodyum hidroksit yıkaması-elektrolitik geri kazanma, sitrat yıkaması, sulfoksel prosesi, format prosesidir. Bunlar arasında magnezyum oksit prosesi önem taşır. Kuru prosesler katalitik oksidasyonu ve karbon adsorbsiyonudur. Katalitik oksidasyon büyük ölçekte uygulanabilmektedir Karbon adsorbsiyonu ise küçük çaplı uygulamalarda ve çalışma hacimleri için çevre havasının arıtılmasında kullanılmaktadır.

Kireçle Yıkama: 1930' larda geliştirilen kireçle yıkama günümüzde uygulanan en yaygın prosestir (Şekil 4.46). Proseste baca gazları kireç (CaO) ve kireçtaşı (CaCO₃) da içeren %5-15' lik kalsiyum sülfat/sülfat eriyiğinden geçirilir. Eriyikte oluşan katılar sürekli ayrılır ve eriyik zenginleştirilerek yıkamaya geri verilir. Proses verimi %80-85 olup, partiküler maddeler de %99 oranında tutulur. Proseste gerçekleşen reaksiyonlar aşağıda verilmiştir.

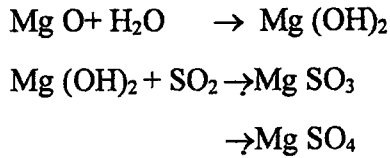


Prosesin başlıca sorunları sistemde kabuk oluşumu, korozyon, aşınma ve katı atık oluşumudur. Diğer önemli bir sorun da gazların soğuması nedeniyle tekrar ısıtma gereğidir. Bu sistemde partiküller madde giderimi de yapıldığından sistem devreden çıkınca partiküler madde giderimi de yapılamaz.

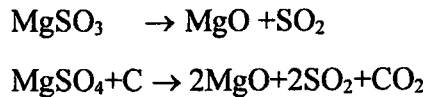


Şekil 4.46 Kireçle yıkama uygulama örneği. [20]

Magnezyum Oksitle Yıkama: Uygulanması kireçle yıkamaya benzer. En önemli farkı magnezyum oksidin geri kazanılmasıdır. Prosesin uygulanması için partiküler maddeler önceden giderilir. Proseste,



reaksiyonları ile kükürt oksit tutulur. Geri kazanmada sülfat karbon (kömür) ile indirgenir ve kalsinasyon ile

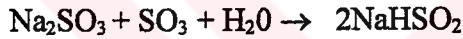
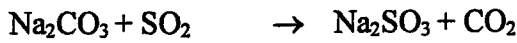
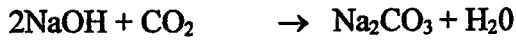


MgO geri kazanılır. Kalsinasyon gazları %5-15 SO₂ içerir ve SO₂ den sülfürik asit veya kükürt eldesinde kullanılır. Geri kazanma merkezi tesislerde yapılabilir. Kalsinasyon için harcanan ısı kireç kullanımında baca gazlarının yeniden ısıtılması için gerekene

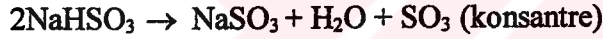
eşdeğerdir. Buna karşılık faydalı ürün üretilir. Proses kirecin diğer dezavantajlarını taşımaz.

Katalitik Oksidasyon: Katalitik oksidasyon prosesinde baca gazları yüksek sıcaklıkta bir elektrostatik presipitatörden geçirilerek partiküler maddeleri giderilir, daha sonra oksidasyona tabi tutulur. Oksidasyon V_2O_5 'in katalizör olarak kullanıldığı ve SO_2 'nin SO_3 'e oksitlendiği proses olup oluşan SO_3 gazlardaki nem ile H_2SO_4 'e dönüşür. Oksidasyondan çıkan gazlar soğutulur ve sürekli devreden H_2SO_4 ile SO_3 tamamen absorbe edilir. Sistem çıkışında bir mist eliminatörü ile sülfürik asit misti tutulur.

Alkali Yıkama Prosesleri: Alkali yıkamada en çok sodyum hidroksit veya amonyak çözeltileri kullanılmaktadır.



Sodyum sülfite bir evaporatör - kristalizatörde



olarak geri kazanılabilir. Oluşan SO_2 den kükürt elde edilebilir. Amonyakla yıkamada oluşan amonyum sülfat gübre olarak kullanılabilir.

4.10.6. NO_x Kontrolü

NO_x kontrolünde;

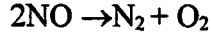
1. Hava-yakıt oranı
2. Yakma havası sıcaklığı
3. Yanma bölgesi sonu soğutmanın artırılması
4. Fırın-yakıcı konumlandırılması

önemli adımlardır. Yukarıdaki faktörleri dikkate alan kontrol uygulamaları

- a. Baca gazı devridaimi
- b. İki kademeli yakma (veya stokiometrik olmayan yakma) şeklinde verilebilir.

4.10.6.1. Baca gazlarından NO_x arıtımı için kullanılan yöntemler.

Katalitik dekompozisyon;

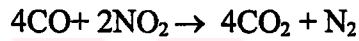
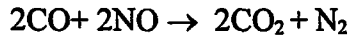


Henüz baca gazlarında ekonomik değildir.

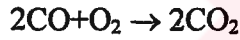
Katalitik indirgeme;

Seçici ve seçici olmayan indirgeme teknikleri söz konusudur. Seçici teknikte NO_x' indirgemek için bir kısım reaktanlar eklenirken, seçici olmayan yöntemde aşırı O₂ öncelikle tüketilir.

Seçici yöntemde H₂, N H₃ ve H₂S reaktan olarak eklenir.

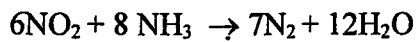
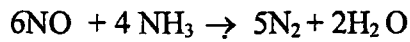


Kataliz bu reaksiyonları teşvik edecek şekilde seçilir ve diğer reaksiyonlar önlenmeye çalışılır.

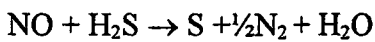
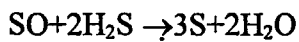


CO mevcudiyetinde H₂ etkili olmamaktadır. Bu maksatla platin tipi kataliz kullanılmaktadır.

NH₃ eklenmesi nitrik asit üretim tesislerinde kullanılmaktadır. Sıcaklık kontrolü önemlidir. 200 ila 300°C aralığında çalışılır.



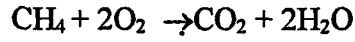
NH₃/NO/O₂ 1/1/10 oranlarında 150 °C de platin kataliz halinde NO 100 misli azalmaktadır. Claus prosesinde ise H₂S eklenerek N₂ ve elementel S elde edilir.



Seçici olmayan teknikte ise $\text{NO}_x \rightarrow \text{N}_2$ 'ye dönüştürülür. Bu maksatla CH_4 eklenir.



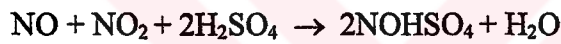
Bu reaksiyon



reaksiyonu ile rekabet halindedir. Pt ve Pd için sıcaklık 450 °C civarındadır.

4.10.6.2. Absorpsiyon

Su, hidroksit, karbonat, sülfirik asit, organik çözeltiler ve erimiş alkali karbonat ve hidroksitler kullanılır. NaOH ve MgOH, $\text{NO} \rightarrow \text{NO}_2$ oksitler ve absorplar NO/NO_2 oranı 1/1 iken max verim elde edilir.



← nitrozil sülfirik asit

4.10.7. Karbon Monoksit ve Hidrokarbonların Kontrolü

Karbon monoksit ve hidrokarbonların kontrolü genellikle birlikte ele alınmaktadır. Bu amaçla adsorplama, absorplama ve yakma teknikleri tek başına veya değişik kombinasyonlar halinde ardışık olarak uygulanmaktadır.

5. UYGULAMA ÖRNEĞİ VE HESAPLARI:

5.1.Problemin Tanımı

Büyük bir alışveriş merkezinde çatıya kurulacak kazan dairesinin baca dizaynı yapılacaktır. Burada istenen; hem enerji tasarrufu sağlayacak, hem gürültü gibi problemleri olmayacak hem de düzgün bir çekiş sağlayacak bir sistemin projelendirilmesidir. Kazan yerleşim yeri ve kullanılacak elemanlar Şekil 5.1' dendir.

5.1.1. Proje Verileri

Genel Veriler:

Ortam sıcaklığı	:	15 °C
Jeodezik yükseklik	:	350 m
Çalışma süresi	:	Günde 9 saat, 180 gün.

Kazan verileri :

Markası	:	Viessmann Paromat Simplex
Kapasitesi	:	1750 kW
Brülör	:	Fanlı
Yakıt	:	Doğal gaz
Baca çıkışı	:	ø 400

Baca gazı Anma ısı gücünde

Kütleli debi	:	2980 kg/h = 0,83 kg/s
Sıcaklığı	:	200 °C

Baca gazı Min ısı gücünde

Kütleli debi	:	1790 kg/h
Sıcaklığı	:	140 °C

Ekonomizör verileri :

Markası	:	Viessmann Baca gazı Ekonomizörü-ER
Atık gaz giriş sıcaklığı:	200 °C	140 °C
Atık gaz çıkış sıcaklığı:	95 °C	70 °C
Baca çıkışı	:	ø 400

Gerekli akma basıncı (P_w): 0 (Brülör seçiminde kazan+ekonomizör +
ara baca dirençleri göz önüne
alındığından baca hesaplarında '0' kabul edilir.)

Susturucu verileri :

Markası : Kutzner+Weber
Uzunluğu : 1 m
Giriş çapı : ϕ 450
Genleşme odacığı çapı: ϕ 1000

Baca verileri :

Baca çapı : ϕ 450
İç cidar malzemesi : AISI 316 L
İzolasyon : 5 cm kayayünü
Dış cidar malzemesi : AISI 304

Kompansatör verileri :

Tipi : Laynerli-eksenel

Projeden alınan veriler:

Yatay :

uzunluk : 3,5 m
etkin yükseklik : 0,7 m
dirsek : 45° bir adet

Düşey .

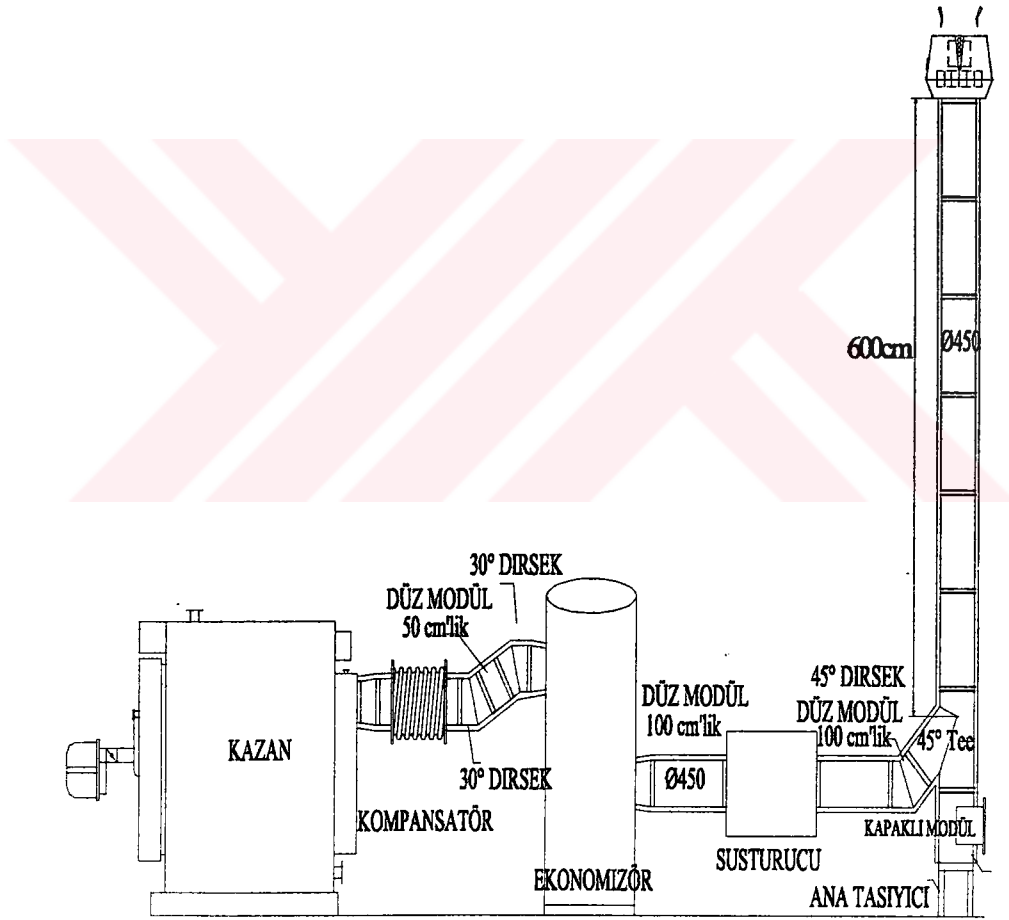
Etkin yükseklik : 3,5 m
Tee modülü : 45° bir adet
Şapka : standart model.

5.2. Baca Çekişi Kontrolü :

Başlangıçta baca çekişi kontrolü için bilenen değerler :

Q_N : 1750 kW
 D_h : ϕ 450
 U : 1,41 m
 g : 9,81 m/s²
 R_L : 287 J/kgK
 ρ : 0,7 kg/m³
 T_L : 15 °C = 288 K
 Z : 350 m
 T_w : 95 °C = 368 K

R_G	:	300 (doğal gaz)
C_P	:	1100 (doğal gaz)
S_E	:	1,5
$\dot{m}$	:	0,83 kg/s
P_w	:	0 Pa
H_v	:	0,70 m
H	:	6 m (HL)
ψ	:	0,001
L_v	:	3,5 m (HL)



Şekil 5.1 Kazan dairesindeki baca elemanları yerleşim planı

5.2.1. Çekiş hesabının yapılması :

<u>Hesaplama</u>	<u>Sonuç</u>	<u>B = Bölüm</u> <u>Ş = Şekil</u> <u>D=Denklemler</u> <u>T = Tablo</u>
$p_L = 101320 \times e^{(-9,81 \times 350) / (287 \times 288)} - 4300$	$p_L = 92900 \text{ Pa}$	D (3.1)
$\rho_L = 92900 / 287 \times 288$	$\rho_L = 1,124 \text{ kg/m}^3$	D (3.3)
Atık gaz sabiti , doğal gaz için	$R_G = 300 \text{ J/kgK}$	B.3.1
Atık gaz özgül ısısı, doğal gaz için	$C_p = 1100 \text{ J/kgK}$	B.3.1
Akış emniyet sayısı	$S_E = 1,5$	B.3.1
Kazan verimi, $Q_N > 1000 \Rightarrow$	$\eta_w = 88 \%$	T 3.2
Karbon dioksit miktarı, $Q_N > 1000 \Rightarrow$	$CO_2 = 10,2 \%$	T 3.2
$A = \frac{\pi \times 0,45^2}{4}$	$A = 0,16 \text{ m}^2$	D (3.4)
$w = \dot{m} / (A \times \rho)$	$w = 7,4 \text{ m/s}$	D (3.5)
Isı geçiş katsayısı, izoleli baca	$K_b = 1,65 \text{ W/m}^2\text{K}$	Ş (3.5)
Yatayda;		
$K_s = (1,41 \times 3,5 \times 1,65) / 0,83 \times 1100$	$K_s = 0,009$	D (3.6)
$T_e = 288 + (368 - 288) \times e^{-0,009}$	$T_e = 367 \text{ K}$	D (3.7)
$T_m = (288 + ((367 - 288) / 0,009) \times (1 - e^{-0,009}))$	$T_m = 356,6 \text{ K}$	D (3.8)
$\rho_m = 92900 / 300 \times 366,6$	$\rho_m = 0,844 \text{ kg/m}^3$	D (3.9)
$w_m = 0,83 / 0,16 \times 0,844$	$w_m = 6,14 \text{ m/s}$	D (3.10)
$P_{Hv} = 0,70 \times 9,81 \times (1,124 - 0,844)$	$P_{Hv} = 1,92 \text{ Pa}$	D (3.11)
Sürtünme sayısı ,	$\psi = 0,028$	Ş (3.6)
Susturucu 1 adet	$\zeta = 0,25$	Ş (3.7)
Dirsek 1 adet 45°	$\zeta = 0,40$	Ş (3.7)
Redüksiyon 1 adet 400x450	$\zeta = 0,06$	Ş (3.7)
$P_{EV} = ((0,028 \times (3,5 / 0,45) + 0,25 + 0,40 + 0,06) \times (0,844 \times 6,14^2 / 2))$		D (3.12)
$P_{EV} = ((0,218 + 0,71) \times (15,9))$	$P_{EV} = 14,75 \text{ Pa}$	D (3.12)
$P_{RV} = 1,5 \times 14,75$	$P_{RV} = 22,12 \text{ Pa}$	D (3.13)

Hesaplama

Sonuç

B = Bölüm
Ş = Şekil
D=Denklemler
T = Tablo

$P_{FV} = 22,12 - 1,92$	$P_{FV} = 20,2 \text{ Pa}$	D(3.14)
Brülör yanma havası basıncı	$P_L = 0$	B.(3.2.12)
Kazan gerekli üfleme basıncı	$P_w = 0$	B.(3.2.12)
$P_{ZE} = 0 + 20,2 + 0$	$P_{ZE} = 20,2 \text{ Pa}$	D (3.15)
Düşeyde ;		
$P_H = 6 \times 9,81 \times (1,124 - 0,844)$	$P_H = 16,5 \text{ Pa}$	D (3.16)
Şapka 1 adet	$\zeta = 0,45$	Ş (3.7)
Tee 1 adet 45°	$\zeta = 1,50$	Ş (3.7)
$P_E = ((0,028 \times (6 / 0,45) + 0,45 + 1,5) \times (0,844 \times 6,14^2 / 2))$		D (3.17)
$P_E = ((0,375 + 1,95) \times (15,9))$	$P_E = 37 \text{ Pa}$	D (3.17)
$P_R = 1,5 \times 37$	$P_R = 55,5 \text{ Pa}$	D (3.18)
$P_Z = 16,5 - 55,5$	$P_Z = - 39 \text{ Pa}$	D (3.19)

SONUC:

$$P_Z - P_{ZE} = -39 - 20,2 = - 59,2 \text{ Pa direnç var.}$$

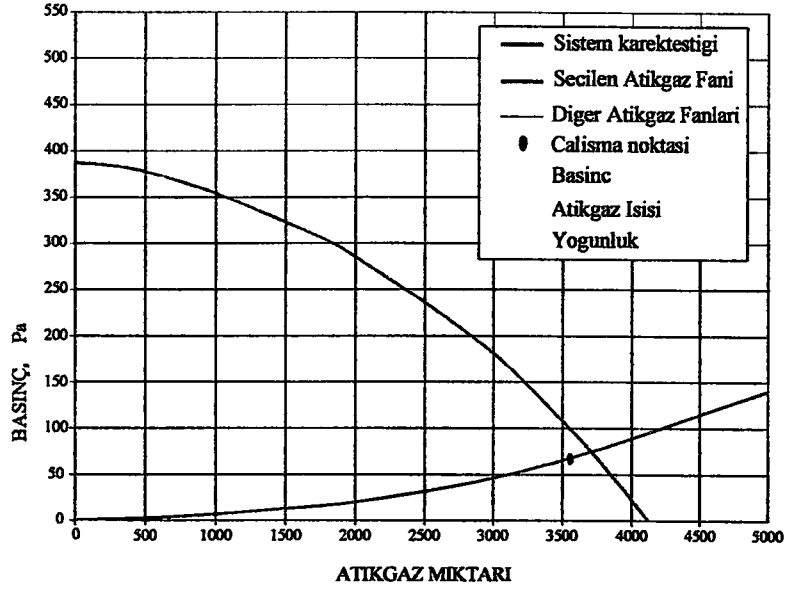
$P_Z - P_{ZE} > 0$ şartını sağlamadığından çekiş için sisteme uygun fan seçilmelidir.

İhtiyacımız olan kapasiteyi hesaplayalım:

$$Q_g = 0,83 \times 3600 / 0,844 = 3540 \text{ m}^3/\text{h} \text{ ve } 59,2 \text{ Pa çekiş minimum olmalı.}$$

Exhausto firmasının kataloğundan fan diyagramlarına bakarak RSV 400 modelini seçebiliriz.

RSV 400 : 4158 m³/h ve 120 Pa kapasitededir. Çalışma eğrisi Şekil 5.2 de dir.



Şekil 5.2 Çalışma eğrisi

5.3. Susturucunun Hesaplanması :

Hesaplama

Sonuç

B = Bölüm
Ş = Şekil
D=Denklem
T = Tablo

Dalga boyu, $\lambda_f = 4 \cdot l / n$

$\lambda = 4 / n$, $n = 1, 3, 5, \dots$ D (4.18)

Frekans, $f = c / \lambda_f = 344 \cdot n / 4$ (1000-2000 Hz arasında olması için) D(4.11)

$f_1 = 1118$ Hz. $n = 13$,

$f_1 = 1290$ Hz $n = 15$,

$f_1 = 1462$ Hz $n = 17$

$f_1 = 1634$ Hz $n = 19$ ** ortalamayı ele alarak hesap yapalım..

$f_4 = 1806$ Hz $n = 21$

$f_1 = 1978$ Hz $n = 23$

$\underline{m} = 1 \cdot 1 / 0,45 \cdot 0,45$

$\underline{m} = 5$

D(4.10)

$k = \pi \cdot 2 \cdot 1634 / 344$

$k = 29,83$

D(4.11)

0 - π ile kodlarsak

$kL_S = 1,57$

B.(4.7)

$TL = 10 \cdot \log [1 + 1/4 (5 - 1/5)^2 \sin^2 1,57]$

$TL = 8,3$ dB

D (4.9),

veya Ş(4.30) dan da bulabiliriz.

5.4. Kompansatörün Hesaplanması :

<u>Hesaplama</u>	<u>Sonuç</u>	B = Bölüm Ş = Şekil D=Denklem T = Tablo
$\Delta L = 0,012 \cdot 1,50 (200-15)$	$\Delta L = 3,5 \text{ mm}$	D (4.19)
$G = \frac{3,5}{2} - 3,5 \times \frac{15-140}{200-140}$	$G = 9,1 \text{ mm}$	D (4.20)

5.5. Ekonomizörün hesaplanması :

$b_a = 9 \cdot 180$	$b_a = 1620 \text{ h/yıl}$	D (4.5)
$\Delta T = 200-15$	$\Delta T = 185 \text{ }^\circ\text{C}$	D (4.6)
Baca gazı kaybı	$q_A = 8 \%$	Ş(1.8)
Yanma verimi	$\eta_w = 100-8=92$	D (4.3)
Yanma verimi -radyasyon kaybıyla	$\eta_w = 100-8-2=90$	D (4.4)
$B_N = \frac{1750 \cdot 1620}{0,90 \cdot 8,83}$	$B_N = 356.740 \text{ m}^3/\text{yıl}$	D (4.5)
Ekonomizör ile ;		
$\Delta T = 95-15$	$\Delta T = 80^\circ\text{C}$	D(4.6)
Baca gazı kaybı	$q_A = 4 \%$	Ş(1.8)
Yanma verimi	$\eta_w = 100-4=96$	D (4.3)
Yanma verimi -radyasyon kaybıyla	$\eta_w = 100-4-2=94$	D (4.4)
$B_B = \frac{1750 \cdot 1620}{0,94 \cdot 8,83}$	$B_B = 341.558 \text{ m}^3/\text{yıl}$	D (4.7)
Fark	$= 15.182 \text{ m}^3/\text{yıl}$	B(4.4.2)
$\text{Yüzde kazanç} = \frac{15.182 \cdot 100}{356.740}$	$= 4,26 \%$	

6. SONUÇ

Bir baca sistemini oluşturan elemanların seçimi ve dizaynı doğru yapılırsa sorunların oluşmamasını sağlayabiliriz. Sistemde ilk yapılacak kazan yerleşiminin bacanın dirençlerini arttırmayacak, yeterli eğimi verebileceğimiz çalışma alanı olacak şekilde tasarlamaktır. Enerji tasarrufu için kullanmayı düşündüğümüz ekonomizör, baca kapama klapesi, sekonder hava klapesi , otomasyon sistemi ile; iyileştirme ürünlerinden ilave hava klapesi, fan , izolasyon gibi seçilecek elemanların hesabı öncelikle yapılarak en uygun çözüm (hem ekonomik, hem de uygulanabilirliği tespit edilerek) bulunmalıdır.

Uygulama örneğinde kazan dairesinin çatıda olması durumundaki bir projeyi ele aldım. Sistemin sorunsuz çalışabilmesi için ve enerji tasarruflarının getirilerinin amortisman masraflarını ne kadar zamanda karşılayabileceğini hesapladım. Çatı katında bulunabilecek teras vb. uygulama yapılması durumunda oluşabilecek gürültü problemi içinde susturucu kullandım ve ses iletim kaybını hesapladım. Kazan dairesinin çatıya konmasının getirdiği bu tür sorunların yanında eğer bodrumda olmuş olsaydı oluşabilecek ek baca maliyeti de baştan düşünülmeli. Fanın maliyetinin yanı sıra kazanın yüksek verimlerde çalışabilmesi için gerekli baca çekiş aralığını her zaman otomatik olarak sağlamasının getirdiği iyileştirme ve enerji tasarrufunun yanında sistemin ömrünü de uzattığı düşünülmelidir.

Her şeyden önce verilen donelerin gerçeğe uygun olup olmadığı etüt edilmelidir. Gerekir ise yerinde keşif yapılarak , kazan brülör uyumu ve seçiminin doğru olup olmadığı, ayrıca kazan ve brülör firmalarıyla irtibata geçilerek teknik doneleri istenerek incelenmelidir. Sistem çalışmaya başladığında çıkan sorunların sorumlusu olarak ilk baca düşünülecektir.

Uygulama örneğinde; birinci adımda sistemin yeterli olup olmadığını kontrol edebilmek için çekişi hesaplanmıştır. Sonuçta baca içinde 59,2 Pa direncin olduğu ve sistemin çalışabilmesi için fana ihtiyaç olduğu çıkmıştır. Sisteme minimum 3540 m³/h ve 59,2 Pa basıncı karşılayacak kapasitede fana ihtiyaç vardır. Piyasada sıcaklığa dayanıklı fan üreticinin katalogundan 4158 m³/h, 120 Pa kapasiteli RSV 400 modeli seçilmiştir.

Ekonomizörden önce oluşabilecek genleşmeleri absorbe edebilmesi için kompansatör seçim kriterlerini hesaplanmıştır.

Baca gazının çıkış sıcaklığından yaralanan ekonomizör sistemi ile % 4,26 oranında enerji tasarrufu sağlayacağı hesaplanarak ekonomizör maliyetine göre geri dönüşünü bu değer kullanılarak hesaplanabilir.

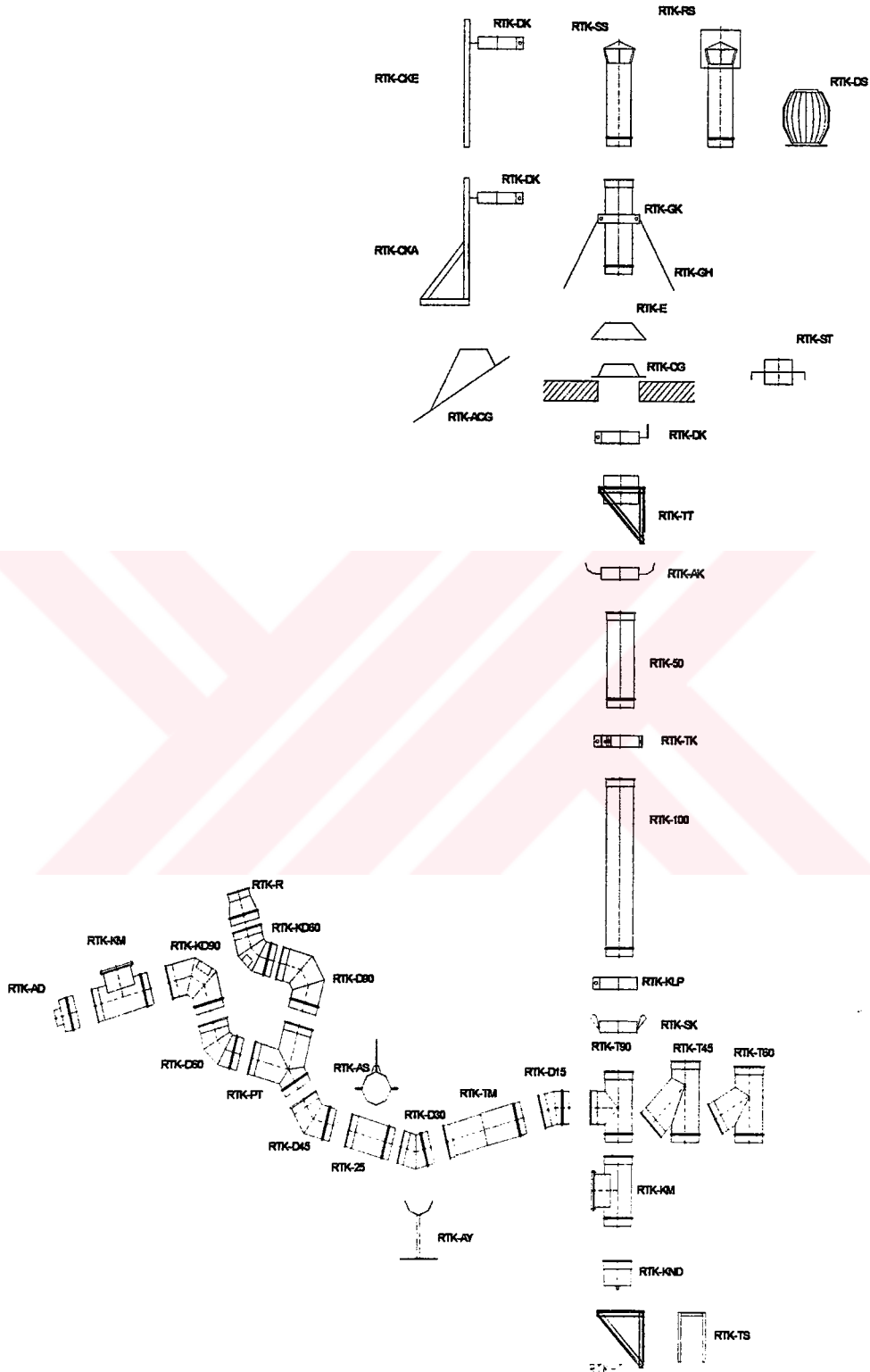
KAYNAKLAR

- [1] Postrenrieder, E. and Schlee, G. ,1992. Abgasanlagen, Gentner Verlag, Stuttgart.
- [2] Schafer, W. ,1994. Schornsteinfragen in der heizungstechnik, Kramer Verlag, Düsseldorf.
- [3] Exhausto Ltd., 2000 . Mechanical venting of flues and chimneys, Milton Keynes.
- [4] Schiedel GmbH & Co., 2001. Schornsteintechnik, München.
- [5] DIN-Taschenbuch 146., 1993, Schornsteine planung berechnung ausführung, Beuth.
- [6] Genceli, O., 1997. Yakacaklar ve yanma, ASHRAE temel el kitabı, bölüm 15, *Tesisat Mühendisleri Derneği*, Ankara.
- [7] Genceli, O., 1997. Binalar etrafında hava akışı, ASHRAE temel el kitabı, bölüm 14, *Tesisat Mühendisleri Derneği*, Ankara.
- [8] Oğuz, B. , 1997. Karbonlu ve alaşımlı çeliklerin kaynağı , Oerlikon, İstanbul.
- [9] Resmi Gazete., 2 Kasım 1986 , Hava kalitesinin korunması yönetmeliği, *Çevre Bakanlığı*.
- [10] CICIND., 2001. A customer' s guide to specifying chimneys, Switzerland
- [11] TS 2165 , 1994. Bacalar – Baca Boyutlarının Yanma Tekniği Bakımından Hesaplanması, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- [12] TS 11388 ,(1994) Bacalar –Boyutlandırma Hesapları – Çok Ocaklı Bacalar, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- [13] TS 11389 ,(1994) Bacalar –Boyutlandırma Hesapları – Tek Ocaklı Bacalar, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- [14] Kutzner + Weber GmbH & Co., 2000.Abgastechnische produkte geratebau, Maisach.
- [15] Bilgiç, M., 1996. Konutlarda ve endüstride kazanı terk eden duman gazlarından (atık ısıdan) istifade imkanları, *Doğal gaz dergisi*, 44.
- [16] Viessmann, 1998. Isı tekniği klasör 2, dosya 21, Gebze.

- [17] Weber, H. , 1997. Modern measurement control and regulation technology for low-pollutant furnace plants, *Lamtec* , Walldorf.
- [18] Özgüven, N., 1986. Endüstriyel gürültü kontrolü, *TMMOB Makine Mühendisleri Odası* ., yayın no 118.
- [19] TMMOB, 1998. Sanayi kazanları ve ek donatım işletme el kitabı, *TMMOB Makine Mühendisleri Odası*, yayın no 110.
- [20] Akgün, M., 2001. Kızgın sulu kızgın yağlı ve buharlı ısıtma sistemleri, MİEM ders notları, *TMMOB Makine Mühendisleri Odası*.
- [21] Ünlü, C., 2001. İntervalf eğitim seminer notları, İstanbul.
- [22] Rotek Ltd., 2001. *Teknik kataloğu*, İstanbul.
- [23] Üniversal A.Ş., 2001. *Arşiv dökümanları*, İstanbul.
- [24] TS 11382., 1994. Bacalar – Çelik (Endüstriyel), *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.



BACA SİSTEMİNDE KULLANILAN ELEMANLAR



ŞEKİL A.1.

Şekil A.1.'de gösterilen elemanların kodlarına göre açıklamaları aşağıdadır.

RTK Elemanları :

- RTK – 100 : 1 mt uzunluğunda yatay ve düşey bağlantılarda kullanılan düz modüldür.
- RTK – 50 : 0,5 mt uzunluğunda yatay ve düşey bağlantılarda kullanılan düz modüldür.
- RTK – 25 : 0,25 mt uzunluğunda yatay ve düşey bağlantılarda kullanılan düz modüldür.
- RTK – TM : Yatay bağlantı kanallarında ısınma ve soğuma esnasında meydana gelen genleşmeleri kompanze etmek için kullanılan teleskobik düz modüldür.
- RTK – D15 : 15°'lik dönüş sağlayan dirsek modülüdür.
- RTK – D30 : 30°'lik dönüş sağlayan dirsek modülüdür.
- RTK – D45 : 45°'lik dönüş sağlayan dirsek modülüdür.
- RTK – D60 : 60°'lik dönüş sağlayan dirsek modülüdür.
- RTK – D90 : 90°'lik dönüş sağlayan dirsek modülüdür.
- RTK – KD60 : Kritik dönüş bölgelerinde yabancı cisim ve atıkların olası birikimlerine müdahale edebilmek ve aynı zamanda baca sistemini kullanım sonunda havalandırılarak bacanın kuru kalmasını sağlayan 60° dirsek modülüdür.
- RTK – KD90 : Kritik dönüş bölgelerinde yabancı cisim ve atıkların olası birikimlerine müdahale edebilmek ve aynı zamanda baca sistemini kullanım sonunda havalandırılarak bacanın kuru kalmasını sağlayan 90° dirsek modülüdür.
- RTK – KM : Sistem içerisindeki yabancı cisim ve atıkların temizlenmesi ve aynı zamanda baca sistemini kullanım sonunda havalandırılarak bacanın kuru kalması amacıyla kullanılan kapaklı düz modüldür.
- RTK – AD : Farklı çaplar arasında geçişi sağlamak için kullanılan adaptör modüldür.
- RTK – R : Farklı çaplar arasında geçişi sağlamak için kullanılan redüksiyon modüldür.
- RTK – T45 : Yatay – düşey baca bağlantısını sağlayan 45° Te modülüdür.
- RTK – T60 : Yatay – düşey baca bağlantısını sağlayan 60° Te modülüdür.
- RTK – T90 : Yatay – düşey baca bağlantısını sağlayan 90° Te modülüdür.

RTK – PT : İki bacanın tek bir bacaya bağlanmasında kullanılan pantolon Te modülüdür.

RTK – KND : Sistemin düşeyinde meydana gelen yoğunlaşma suyunun dışarıya tahliyesi için kullanılan kondens modülüdür.

RTK – T :Düşey sistemin en altında betonarme duvara tespit edilen çelik ana taşıyıcı parçasıdır.

RTK – TS :Düşey sistemin en altında betonarme duvara tespit imkanı olmayan maksimum 1 mt yükseklikte zemine tespit edilen çelik ana taşıyıcı sehpa parçasıdır.

RTK – TT :Baca yüküne göre her 9 – 20mt de bir taşıyıcı olarak kullanılan, aynı zamanda ısınmadan kaynaklanan genleşmeleri kompanze eden çelik iskeletli teleskobik parçadır.

RTK – AS :Tavana yakın yatay bağlantı kanallarında sistemin ağırlığını taşımak için tavana bağlanan askı kelepçe elemanıdır.

RTK – AY : Zemine yakın yatay bağlantı kanallarında sistemin ağırlığını taşımak için zemine tespit edilen ay şeklinde ayaklı destek parçasıdır.

RTK – CKA : Teras çatılarda bacanın taşınması için kurulan 1 mt yüksekliğinde çelik konstrüksiyon alt parçasıdır.

RTK – CKE : Teras çatılarda bacanın taşınması için kurulan 1 mt yüksekliğinde çelik konstrüksiyon yükseltme parçasıdır.

RTK – KLP : Modüllerin birbirlerine bağlanmasını sağlayan birleştirici bağlantı kelepçesidir.

RTK – SK : Şaft içi baca sistemlerinin montajında sistemin halatla aşağıya indirilmesine yardımcı olan sarkıtma kelepçesidir.

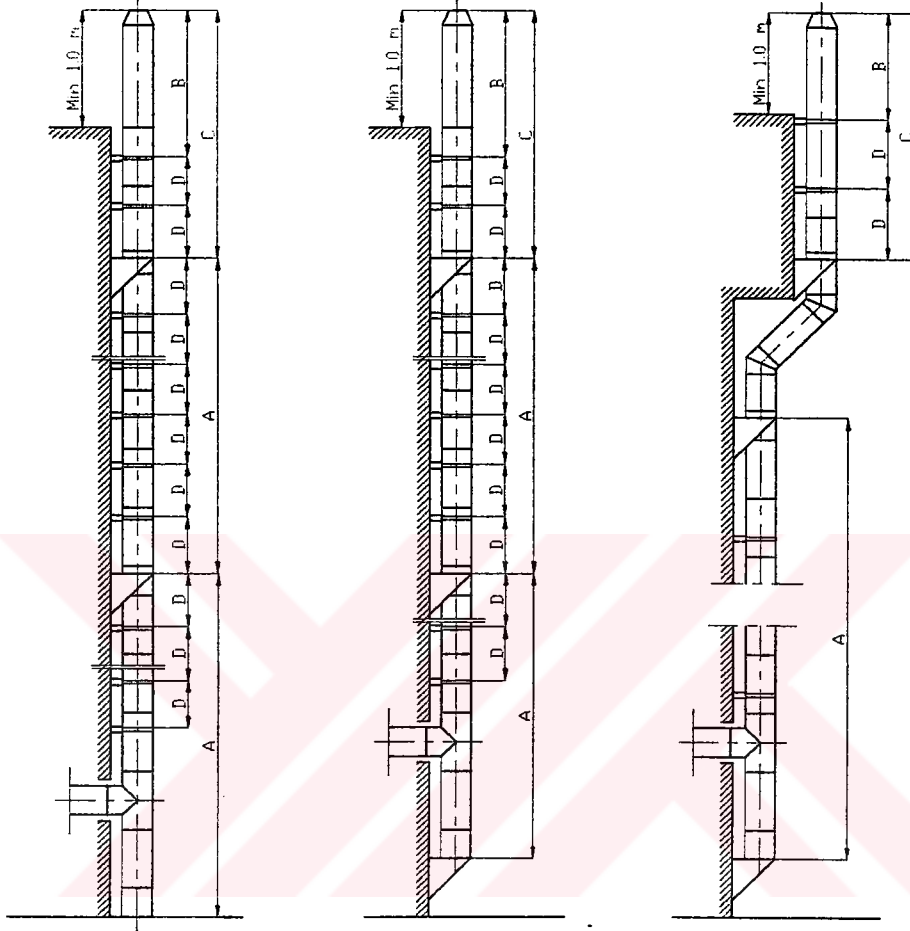
RTK – TK : Yan yana çıkan iki baca sisteminin aralarındaki mesafeyi sabit tutabilmek için her 3 mt’de bir kullanılan tutucu kelepçedir.

RTK – AK : Müdahalesi mümkün olmayan şaft içi sistemlerde bacanın şaftın merkezinden düzgün biçimde çıkabilmesi için her 3 mt’de bir kullanılan ahtapot kelepçedir.

RTK – DK : Duvar veya çelik konstrüksiyona dayanarak çıkan düşey baca sisteminin öne, sağa, sola ve arkaya esnemesini önlemek ve sistemin şakülünde çıkmasını sağlamak için her 3 mt’de bir kullanılan duvar kelepçesidir.

- RTK – GK : Sistemin çatıdan sonra veya dayanaksız çıktığı herhangi bir yerde çapına göre belli bir yüksekliğe kadar kullanılabilen gerdirme halatı bağlantı kelepçesidir.
- RTK – GH : Sistemin çatıdan sonra veya dayanaksız çıktığı herhangi bir yerde çapına göre belli bir yüksekliğe kadar kullanılabilen sistemden belli uzaklığa bağlanan gerdirme halatıdır.
- RTK – CG : Düz çatılarda veya şaft son ağzlarında bacanın geçişini, aynı zamanda da sistemin geçiş bölgesinden havalandırılmasını sağlayan çatı geçiş elemanıdır.
- RTK – ACG : Eğimli çatılarda bacanın geçişini, aynı zamanda da sistemin geçiş bölgesinden havalandırılmasını sağlayan çatı geçiş elemanıdır.
- RTK – ST : Şaft son ağzının sisteme bağlı kapalı geçişini sağlayan şapka tablası elemanıdır.
- RTK – E : RTK – CG veya RTK – ACG kullanıldığı sistemlerde sistem geçiş bölgesine yağmur suyu girmemesi için kullanılan etek parçasıdır.
- RTK – SS : Şiddetli veya ters rüzgarların olmadığı yerlerde baca son ağzına konulan standart şapka modülüdür.
- RTK – RS : Şiddetli veya ters rüzgarların olduğu yerlerde baca son ağzına konulan rüzgar çekişli şapka modülüdür.
- RTK – DS : Havalandırma tertibatında veya çekişin düşük olduğu baca sistemlerinde baca son ağzına konulan, dönüş gücünü doğal rüzgar akımlarından alan döner şapka modülüdür.

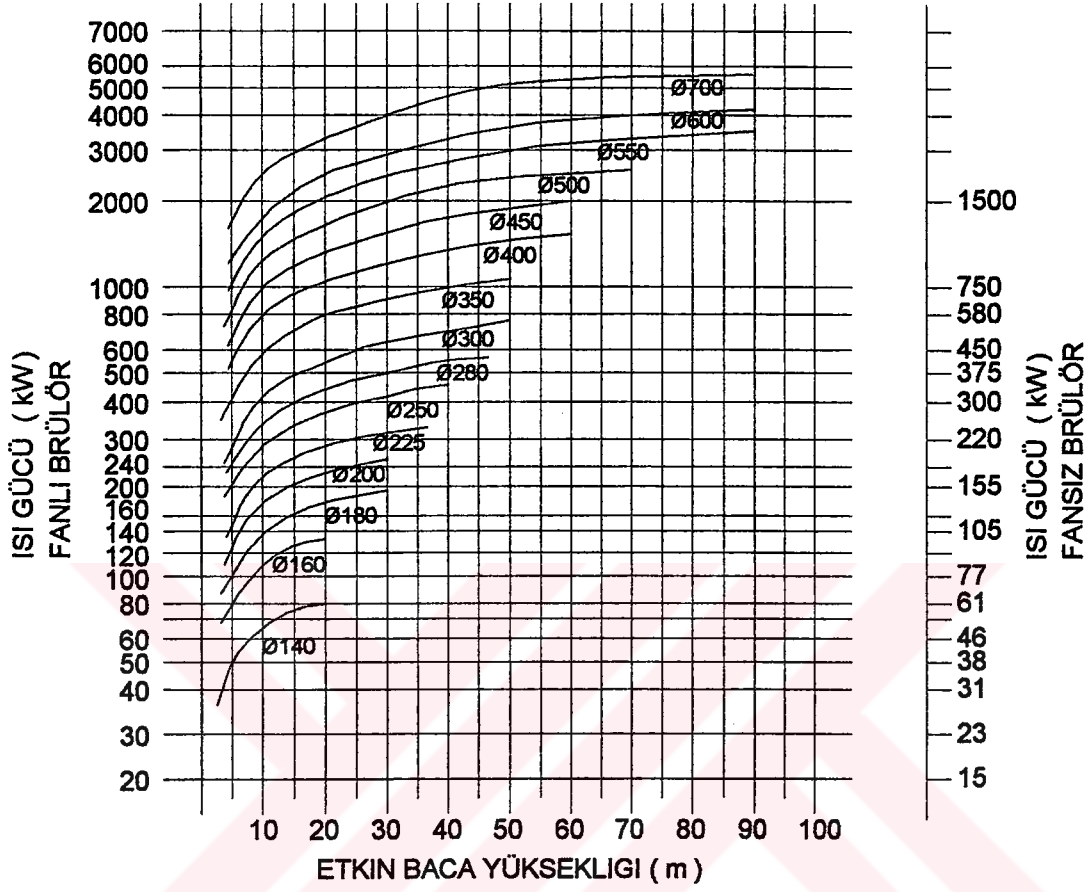
EK B
MAKSİMAL STATİK MONTAJ YÜKSEKLİKLERİ VE MESAFELERİ



DN	140	160	180	200	225	250	280	300	350	400	450	500	550	600	700
A	20	20	20	20	15	15	15	15	15	15	15	12	12	9	9
B	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1	1	1	1
C	20	20	20	20	15	15	15	15	15	15	12	12	12	9	9
D	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2

Şekil B.1.

EK C
BACA ÇAPI SEÇİM DİYAGRAMI



Şekil C.1.

ÖZGEÇMİŞ

1968 yılında Erzincan' da doğdu. 1985 yılında Adana Erkek Lisesi 'nden mezun oldu. İ.T.Ü. Makina Fakültesi Makina Mühendisliği bölümünü 1990 senesinde bitirdi. Havuz tesisatı yapan bir şirkette ikinci iş dalı olarak getirilen ithal baca sistemleri satışına ve uygulamalarına başladı.1993 yılında kurucu ortağı olduğu Rotek Enerji ve Baca Sistemleri Sanayi ve Tic. Ltd.Şti. ile yerli baca imalatına başladı. Rotek olarak Türkiye Temsilciği'ni yaptıkları 9 adet firmanın baca sistemlerindeki son teknolojik yeniliklerini ve ürünlerini Türkiye' ye getirmektedir. Halen bu firmada Genel Müdür olarak çalışmaktadır.

