



**ENDÜSTRİYEL TESİSLERDE ONLINE
FİLTREDEN OFFLINE FİLTREYE GEÇİŞTE
VERİM VE BAKIM KOLAYLIKLARININ
İNCELENMESİ**

**2023
YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ**

Fatih KULAKSIZ

**Tez Danışmanı
Doç. Dr. Recep DEMİRSÖZ**

**ENDÜSTRİYEL TESİSLERDE ONLINE FİLTREDEN OFFLINE FİLTREYE
GEÇİŞTE VERİM VE BAKIM KOLAYLIKLARININ İNCELENMESİ**

Fatih KULAKSIZ

**Tez Danışmanı
Doç. Dr. Recep DEMİRSÖZ**

**T.C.
Karabük Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Makine Mühendisliği Anabilim Dalında
Yüksek Lisans Tezi
Olarak Hazırlanmıştır**

**KARABÜK
Mart 2023**

Fatih KULAKSIZ tarafından hazırlanan “ENDÜSTRİYEL TESİSLERDE ONLINE FİLTREDEN OFFLINE FİLTREYE GEÇİŞTE VERİM VE BAKIM KOLAYLIKLARININ İNCELENMESİ” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Doç. Dr. Recep DEMİRSÖZ

.....

Tez Danışmanı, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından Oy Birliği ile Makine Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 10/03/2023

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan : Doç. Dr. Muhammet Hüseyin ÇETİN (KTÜN)

.....

Üye : Doç. Dr. Recep DEMİRSÖZ (KBÜ)

.....

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Mehmet BOY (KBÜ)

.....

KBÜ Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile, Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Müslüm KUZU

.....

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”

Fatih KULAKSIZ

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ENDÜSTRİYEL TESİSLERDE ONLINE FİLTREDEN OFFLINE FİLTREYE GEÇİŞTE VERİM VE BAKIM KOLAYLIKLARININ İNCELENMESİ

Fatih KULAKSIZ

Karabük Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı:

Doç. Dr. Recep DEMİRSÖZ

Mart 2023, 76 sayfa

Hava kirliliğinin en önemli sebebi kontrolsüz olarak atmosfere salınan tozlar ve gazlardır. Endüstriyel tesislerde üretime bağlı olarak imalat aşamasında veya işletmenin diğer aşamalarında meydana gelen toz partikülleri hem çevreyi hem de çalışan (insan) sağlığını tehdit etmekte olup ortama yayılan bu tozların toplanması ve ortamdan uzaklaştırılması toz toplama sistemleri ile gerçekleştirilmektedir. Kardemir Yüksek Fırın-1 tesisinde üretilen sıvı ham demir madeninin torpedolara transferi esnasında (döküm) ortaya çıkan toz ve gazların filtrelenmesinde kullanılan online toz toplama ünitesi arıza veya bakım durumlarında ünitenin durmasına veya sağlıklı bir ortamda üretim yapılmasına sebep olmaktadır.

Tez çalışması ile filtre ünitesinden kaynaklı bakım veya arıza durumlarında sistemi durdurmadan gerekli çalışmaların yapılabilmesi, sistemdeki filtrasyon hızını düşürerek filtreleme ekipmanlarından kaynaklı bakım veya arızaların azaltılması ve

İSG kurallarına uygun çalışma ortamının sağlanması amaçlanmıştır.

Bu tez çalışmasında Kardemir A.Ş. Yüksek Fırın-1’de kullanılan online toz toplama ünitesini gerekli revizyon ve tadilatları yapılarak offline toz toplama ünitesine dönüştürülmüştür. Bunun sonucunda offline toz toplama sisteminin çalışma prensibi gereği kompartımanlı yeni yapı ile istenildiği zaman filtre ünitesine sistem durdurulmadan müdahale edilebildiğinden dolayı bakım kolaylığı sağlanmıştır. Torba problemlerinin ortaya çıktığı arıza durumlarında ise problemlili kompartıman devre dışına alınarak uygun zamanda müdahale edilebilir hale getirilmiştir. Sürücülü motor kullanımına geçilmesi sebebiyle emiş fanı istenilen devirde ayarlanabildiğinden enerji tüketiminde azalma olmuştur. Online sistemde sürücüsüz motorda enerji tüketimi 820 kWh iken offline sistemde 680 kWh’e düşmüştür. Online sistemde filtrasyon hızının yüksek olması sebebiyle yılda harcanan toplam filtre torba değişimi 1950 adet iken Offline filtrasyondaki torba değişimi iki yılda bir ve 2100 adet olmuştur. Online filtre sisteminde filtrasyon hızı 1,76 m³/m²dk iken sürücülü motor kullanılması sebeb ile offline toz toplama sisteminde tüm kompartımanlar filtreleme işlemiyle birlikte filtrasyon hızı 1,23 m³/m²dk’ya düşmüştür. Kompartımanlardan birisi temizleme işlemine alınıp kapalı pozisyona geçtiğinde veya arıza-bakım durumlarında devredışı bırakıldığında ise filtrasyon hızı 1,43 m³/m²dk olmaktadır.

Anahtar Sözcükler : Toz toplama sistemleri, torbalı filtre sistemleri, jet pulse filtre, online offline filtre, filtre ekipmanları

Bilim Kodu : 91419

ABSTRACT

M. Sc. Thesis

EXAMINATION OF EFFICIENCY AND MAINTENANCE EASE IN THE CHANGE FROM ONLINE FILTER TO OFFLINE FILTER IN INDUSTRIAL FACILITIES

Fatih KULAKSIZ

Karabük University

Institute of Graduate Programs

Department of Mechanical Engineer

Thesis Advisor:

Assoc. Prof. Dr. Recep DEMİRSÖZ

March 2023, 76 pages

The most important cause of air pollution is dust and gases released into the atmosphere uncontrollably. Depending on the production in industrial facilities, dust particles that occur during the manufacturing phase or at other stages of the operation threaten both the environment and the health of the employee (human), and the collection and removal of these dusts that spread to the environment are carried out with dust collection systems. The online dust collection unit, which is used to filter the dust and gases produced during the transfer of the liquid raw iron produced in Kardemir Blast Furnace-1 facility to the torpedoes (casting), causes the unit to stop in case of malfunction or maintenance, or to produce in an unhealthy environment.

With the thesis study, it was aimed to carry out the necessary work without stopping the system in case of maintenance or failure caused by the filter unit, to reduce the maintenance or failures caused by the filtering equipment by reducing the filtration rate in the system, and to provide a working environment in accordance with the OHS rules.

In this thesis, Kardemir A.Ş. The online dust collection unit used in Blast Furnace-1 was transformed into an offline dust collection unit by making necessary revisions and modifications. As a result of this, as required by the working principle of the offline dust collection system, the filter unit can be intervened at any time without stopping the system with the new compartmented structure, thus providing ease of maintenance. In case of malfunctions where bag problems occur, the problematic compartment is taken out of operation and made available for intervention at the appropriate time. Since the suction fan can be adjusted at the desired speed due to the use of motor with driver, there has been a decrease in energy consumption. While the energy consumption was 820 kWh in the driverless motor in the online system, it decreased to 680 kWh in the offline system. Due to the high filtration rate in the online system, the total filter bag change per year was 1950, while the bag change in Offline filtration was 2100 every two years. While the filtration rate was 1.76 m³/m²min in the online filter system, the filtration rate decreased to 1.23 m³/m²min in the offline dust collection system when all compartments were in the filtering process due to the use of a driver motor. The filtration rate becomes 1.43 m³/m²min when one of the compartments is taken into the cleaning process and switched to the closed position or is disabled in case of malfunction-maintenance.

Key Word : Dust collection system, bag filter systems, pulse jet filter, online offline filter, filter equipment

Science Code : 91419

TEŞEKKÜR

Tez alıőmamın planlanması, araştırılması, yürütülmesi ve oluşumunda ilgi ve desteğini her an hissettiren, bilgi ve tecrübelerinden sürekli yararlandığım, teşvik ve yönlendirmesi ile çalıőmamı bilimsel temeller çerçevesinde şekillendiren—Tez Danışmanım Doç. Dr. Recep DEMİRSÖZ'e tüm kalbimle sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çalışma hayatımda bana büyük katkıları bulunan Müdürüm Yılmaz ÜNAL ve Başmühendisim İbrahim KARAARSLAN'a çalıőmalarımda desteğini hiçbir zaman esirgemeyen mesai arkadaşım Sayın Hasan ÖZDEN'e teşekkür ederim.

Hayatımın her aşamasında beni destekleyen ve yanımda olan Eőim Gizem ÖNEMLİ KULAKSIZ ve aileme sonsuz şükranlarımı sunar, tüm kalbimle teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL.....	ii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xv
BÖLÜM 1	1
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2	5
YÜKSEK FIRINLAR	5
2.1. YÜKSEK FIRIN PROSESİ	6
2.1.1. Dünya’da Kurulu Bulunan Yüksek Fırınlar	7
2.1.2. Türkiye’de Kurulu Bulunan Yüksek Fırınlar	8
2.1.3. Yüksek Fırın Bölümleri.....	9
2.1.3.1. Boğaz (Üst Kısım)	10
2.1.3.2. Gövde.....	10
2.1.3.3. Bel.....	10
2.1.3.4. Karın	10
2.1.3.5. Hazne	11
2.2. YÜKSEK FIRIN YARDIMCI TESİSLER.....	13
2.2.1. Hammadde Besleme Sistemi.....	13
2.2.2. Fırın Üstü Şarj Sistemi (Tepe Teçhizatı).....	14
2.2.2.1. Çanlı Tepe Sistemi.....	14
2.2.2.2. Çansız Tepe Sistemi.....	15

	<u>Sayfa</u>
2.2.3. Sobalar	16
2.2.4. Gaz Temizleme	16
2.2.5. Kömür Enjeksiyon Sistemi	16
2.2.6. Dökümhane	16
2.2.6.1. Cüruf ve Döküm Delikleri	17
2.2.6.2. Cüruf ve Pik Kanalları	17
2.2.6.3. Dökümhane Vinci	17
2.2.6.4. Döküm Açma Matkabı	18
2.2.6.5. Döküm Kapatma (Çamur Topu)	18
2.2.7. Kontrol Odası	18
2.2.8. Soğutma Sistemi ve Refrakter	18
2.2.8.1. Cüruf ve Döküm Delikleri	19
2.2.8.2. Cüruf ve Pik Kanalları	19
2.2.8.3. Dökümhane Vinci	19
2.2.8.4. Döküm Açma Matkabı	19
BÖLÜM 3	21
ENDÜSTRİYEL TESİSLERDE TOZ TOPLAMA SİSTEMLERİ	21
3.1. TORBALI (JET PULSE) FİLTRE	21
3.1.1. Online Filtre	23
3.1.2. Offline Filtre	23
3.2. SULU FİLTRE	24
3.3. KARTUŞ FİLTRE	25
3.4. MOBİL FİLTRE	26
3.5. YAĞ BUHARI VE YAĞ DUMANI FİLTRESİ	27
3.6. TİTREŞİM MOTORLU FİLTRE	27
3.7. SİKLON (SANTRİFÜJ) FİLTRE	28
BÖLÜM 4	30
TORBALI (JET PULSE) FİLTRE SİSTEMİ VE EKİPMANLARI	30
4.1. BACA	31
4.2. FAN	32

	<u>Sayfa</u>
4.2.1. Eksenel (Aksiyal) Akışlı Fanlar	32
4.2.2. Radyal (Santrifüj) Akışlı Fanlar	33
4.3. TOZ TAŞIMA SİSTEMİ	34
4.4. GÖVDE	35
4.4.1. Bunker	36
4.4.2. Kirli Gaz Klapesi	36
4.4.3. Gaz (Toz Toplama) Kanalı	37
4.4.4. Popet (Temiz Gaz) Klapesi	39
4.4.5. Header	40
4.4.6. Hava Tankı	41
4.4.7. Filtre Ünitesi Gövde Bölümü	43
BÖLÜM 5	44
LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	44
BÖLÜM 6	49
FİLTRE REVİZYON ÇALIŞMASI	49
6.1. MEVCUT 400.000 m ³ /h KAPASİTELİ ONLINE TOZ TOPLAMA SİSTEMİ	50
6.2. YF-1 FIRIN ÖNÜ TOZ TOPLAMA OFFLINE SİSTEM TASARIMI	53
6.3. OFFLINE SİSTEM AVANTAJLARI	68
BÖLÜM 7	69
SONUÇLAR VE TARTIŞMA	69
KAYNAKLAR	70
ÖZGEÇMİŞ	76

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. Yüksek fırın şematik gösterimi	5
Şekil 2.2. Dünyanın en büyük yüksek fırını (6.000 m ³ kapasite) posco gwangyang 1 no.lu yüksek fırını görseli	8
Şekil 2.3. Yüksek fırın kesit görünüşünün şematik gösterimi.....	9
Şekil 2.4. Yüksek fırın içerisindeki hava sıcaklık değişiminin şematik gösterimi...	12
Şekil 2.5. Yüksek fırının yardımcı tesislerine ait şematik gösterimi.....	13
Şekil 2.6. Fırın üstü çan sistemi şematik gösterimi.....	14
Şekil 2.7. Fırın üstü çansız tepe sistemi şematik gösterimi.....	15
Şekil 3.1. Toz toplama ünitesinin şematik gösterimi.. ..	22
Şekil 3.2. Online toz toplama filtresi kesit görünüşünün şematik gösterimi.....	23
Şekil 3.3. Offline toz toplama sistemi şematik gösterimi.. ..	24
Şekil 3.4. Sulu (tip) filtre şematik gösterimi.....	25
Şekil 3.5. Kartuş filtre şematik gösterimi.....	26
Şekil 3.6. Mobil toz toplama ünitesi görseli.. ..	26
Şekil 3.7. Lokal ve merkezi yağ buharı filtre ünitesi şemaik gösterimi.. ..	27
Şekil 4.1. Torbalı (jet pulse) filtre ve ekipmanlarının şematik gösterimi.....	31
Şekil 4.2. Torbalı filtre baca sisteminde baca ekipmanının şematik gösterimi.....	32
Şekil 4.3. Kullanım tiplerine göre aksenel (aksiyal) akışlı fanlar görseli.....	33
Şekil 4.4. Kayış-kasnak, kaplin tahrikli, tek ve çift emişli radyal fan şematik gösterimi.. ..	34
Şekil 4.5. Toz toplama sistemlerinde pnömatik toz nakil hattı şematik gösterimi... 35	
Şekil 4.6. Offline torbalı filtre sistemi gövdesinin şematik gösterimi.. ..	35
Şekil 4.7. Bunker şematik gösterimi.....	36
Şekil 4.8. Kirli gaz klapesi şematik gösterimi.....	37
Şekil 4.9. Kirli gaz, filtre-fan ve fan-baca arası gaz kanalları şematik gösterimi....	39
Şekil 4.10. 400.000 m ³ /h kapasiteli filtrede gaz kanalları, fan, motor ve baca görseli.. ..	39
Şekil 4.11. Offline filtrenin popet damper (temiz gaz) klapesi şematik gösterimi....	40
Şekil 4.12. Torba, kafes ve ventürilerin montajının yapıldığı filtre üst şasesi (header) şematik gösterimi.....	41

Şekil 4.13. Filtreleme torbası temizliğinde kullanılan havanın depolandığı tankı şematik gösterimi.....	41
Şekil 4.14. Jetpulse torba filtre temizliği şematik gösterimi.....	43
Şekil 4.15. Torbalı tip toz toplama sistemlerinde filtre gövdesi şematik gösterimi..	43
Şekil 6.1. Sanayi kaynaklı hava kirliliğinin kontrolü yönetmeliğinin işletmeler için toz emisyon sınır değeri.....	49
Şekil 6.2. Mevcut 400.000 m ³ /h kapasiteli online toz toplama sistemi şematik gösterimi.	53
Şekil 6.3. Revizyonu yapılan toz toplama sisteminde kullanılan motor-fan ekipmanlarının şematik gösterimi.....	57
Şekil 6.4. YF-1 fırın önü toz toplama sistemi yeniden dizayn edilen toz toplama kanallarının ve fırın önünün şematik gösterimi.....	59
Şekil 6.5. Mevcut 400.000 m ³ /h kapasiteli online filtrenin offline filtreye dönüştürülmüş şematik gösterimi.....	60
Şekil 6.6. Sökülecek panellerin şematik gösterimi.	61
Şekil 6.7. De-montaj işlemi sonrası şematik gösterimi.....	61
Şekil 6.8. Header, filtre ve bunkerlerin ayırma panelleri şematik gösterimi.....	62
Şekil 6.9. Header, filtre ve bunkerlerin ayırma panelleri saha görseli.....	62
Şekil 6.10. Popet ve kirli gaz klapeleri ayırma panelleri şematik gösterimi.....	63
Şekil 6.11. Offline filtre kirli ve temiz gaz giriş ve çıkış klapeleri montaj görseli....	63
Şekil 6.12. Yeni giriş ve çıkış kolektörü konumlandırılması şematik gösterimi.....	64
Şekil 6.13. Bunker döküş noktalarına sürgülü klape montaj şematik gösterimi.....	65
Şekil 6.14. Bunker döküş noktalarına ve toz nakil hattı genel görseli.....	65
Şekil 6.15. İlave hava tankları, mevcut hava tankları ve üfleme borularının montajlarının şematik gösterimi.	66
Şekil 6.16. İlave hava tankları, mevcut hava tankları ve üfleme borularının montajlarının saha montaj görseli.....	67
Şekil 6.17. Offline tasarıma çevrilmiş toz toplama sisteminin tüm ekipmanları ile birlikte PLC/SCADA üzerinden kontrol ve takibiyle ilgili görseli.....	67

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 1.1. Taneciksel madde kirliliğine bağlı hava kalitesi indeksi.....	2
Çizelge 2.1. 2021 yılına ait dünyadaki çelik üretimi ve ülkelere göre dağılımı	7
Çizelge 4.1. Kirletici taşıma hızları	38
Çizelge 6.1. Toz cinslerine göre filtrasyon oranları.....	52
Çizelge 6.2. YF-1 Fırın önü filtre ünitesinde filtrelenen tozun içerik analizi	54
Çizelge 6.3. Fırın önü toz toplama sisteminde filtreleme işlemi sonrası alınan toz numunelerinin tanecik boyutu cinsinden %'si.....	58

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

%	: yüzde
/	: bölme
°C	: santigrat derece
D	: çap
h	: yükseklik
°	: derece
CO	: karbonmonoksit
Mt.	: milyon ton
m ³	: metre küp
m	: metre
mm	: milimetre
kcal/Nm ³	: kilo kalori/normal metreküp
t/h	: ton/saat
μ	: mikron
vb.	: ve benzeri
μg	: mikrogram
mg	: miligram
cm	: santimetre
μm	: mikrometre, mikron
μg/m ³	: mikrogram/metreküp
s	: saniye
Pa	: pascal
m ³ / h	: metreküp/saat
m / s	: metre/saniye
m ³ / s	: metreküp/saniye
π	: pi sayısı (sabit sayı = 3,14), bir dairenin çevresinin çapına bölümü

m^3/m^2dk	: metreküp / metrekare dakika
gr/m^2	: gram/metrekare
m^3/dk	: metreküp/dakika
D_k	: genel akış hızı dengesiz genlik
D_{ki}	: maksimum akış hızı dengesiz genlik
V	: filtrasyon hızı
Q	: filtrasyon debisi
A	: filtreleme ekipmanının filtrasyon alanı
$\sum A$: filtreleme ekipmanlarının toplam filtrasyon alanı
t	: filtreleme ekipman adedi
W	: toz toplama kanalı içerisindeki akışkanın hızı
a	: toz toplama kanalının yüzey alanı
M	: toz toplama kanalı içerisindeki akışkanın debisi
$\sum a$: toz toplama kanallarının toplam yüzey alanı

KISALTMALAR

ATM	: Atmosfer Basıncı
Bkz	: Bakınız
BOF	: Bazik Oksijen Fırını
DCS	: Distributed Control System (Dağıtılmış Kontrol Sistemi)
GSPT	: Global Steel Plant Tracher (Küresel Çelik Fabrikası Takibi)
HAD	: Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği
HKİ	: Hava Kalitesi İndeksi
İSG	: İş Sağlığı ve Güvenliği
MMT	: Milyon Metrik Ton
PLC	: Programmable Logic Controller (Programlanabilir Mantıksal Denetleyici)
PM	: Parikül Madde
PT	: Pressure Transmitter (Basınç Sensörü)
SCADA	: Supervisory Control and Data Acquisition (Merkezi Denetim ve Veri Toplama)
WHO	: World Health Organization (Dünya Sağlık Örgütü)
YF	: Yüksek Fırın

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Temiz hava, içeriğinde %78 oranında azot, %21 oranında oksijen ve %1 oranında toz, su buharı ve diğer gazların bulunduğu havaya denir. İnsan faaliyetleri ve bazı doğal süreçler ile niteliğinin değişmesi, bunun sonucunda bileşiminde bulunan ana maddelerin miktarının değişmesi olayına da hava kirliliği denmektedir. Tanımı yapılan temiz hava içerisindeki kirletici maddeler belirli bir sınır değer üzerinde bulunuyor ise hava kirliliği söz konusudur. Dünya’da sanayinin hızlı bir şekilde gelişmesi sonucunda hava kirliliğinde ciddi bir artış gözlemlenmiş, bu durum insan sağlığı ve çevre için büyük bir sorun haline gelmiştir. Kontrolsüz bir şekilde atmosfere salınan gazlar ve tozlar hava kirliliğinin en önemli sebebidir. Dünya Sağlık Örgütü (WHO), hava kirliliğini “İnsan, hayvan, bitki veya madde üzerine zarar verebilen veya konforunu (rahat yaşam şekli) ve maddeyi aşırı şekilde etkileyen toz, kum, kurum, uçucu kül, duman, buğu, is, pus, tütsü, buhar, sis, koku veya gaz gibi bileşenlerin karakteristik, süre ve miktar olarak çevre atmosferindeki varlığıdır." olarak tanımlamıştır [1].

Hava kalitesini etkileyen en önemli etmenlerden bir tanesi de Partiküler madde (PM)’dir. Yayılma ve kimyasal tepkime özellikleri partiküler maddede farklılık göstermektedir [2]. PM miktarını 1 m³ hava içerisindeki parçacık adedi belirtmektedir. Çalışma ortamı ve temiz odalarda parçacık miktarı adet iken, endüstriyel tesislerde mg veya µg olarak ifade edilir [3].

Tanecikler çaplarına göre kaba ve ince tanecikler olarak iki sınıfta tanımlanmıştır. 2,5 µm çapından küçük olanlar ince taneciklerdir ve mikroskop ile görülebilirler. İnce tanecikli partiküllerin oluşumuna sebep olan faktörler, orman ve tarımsal yangınlar, motorlu araçların egzoz salınımı, endüstriyel işlemler, enerji santralleri vb. sıralanmaktadır. Kaba tanecikli partiküller ise 2,5 ile 10 µm arasındaki çaplara sahip olanlar olarak sınıflandırılırlar. Partikül madde miktarı insan sağlığını tehdit

etmektedir. Partikül maddelerin insan sağlığı açısından etkileri partikül ebatlarına göre farklılık göstermektedir. İnsan sağlığı üzerinde ince partiküllü maddeler kaba partiküllü maddelere göre daha tehlikelidir. 10 µm'den büyük pariküller burun ve geniz bölgesinde (yutağın üst kısmında) tutulabilirken, 10 µm'den küçük partiküller bronşlarda birikir, 1-2 µm çapındaki partiküller ise alveollerde, 0.1 µm çapında olanlar ise alveollerden intrakapiller aracılığıyla difüze olabilmektedir [4].

HKİ (Hava Kalite İndeksi), hava kalitesinin günlük rapor edilmesi için kullanılan bir göstergedir. Bulduğumuz bölgede havanın ne kadar temiz ya da ne kadar kirli olduğu ile ilgili ve ayrıca ne tür sağlık problemlerinin oluşabileceği veya mevcut sağlık problemlerinin nasıl etkileneceği konusunda bilgiler verir. Hava kalite indeksi, kirli havaya maruz kalınmasından birkaç saat sonra veya birkaç gün içerisinde ortaya çıkacak sağlık sorunlarını gösterir. Taneciksel kirlilik ise havada askıda bulunan katı tanecikler ve sıvı damlacıkların karışımıdır. Ayrıca PM tanecik madde olarak tanımlanır. Çizelge 1.1'de Taneciksel madde kirliliğine bağlı olarak hava kalitesi indeksi ve oluşabilecek sağlık problemleri yer almaktadır.

Çizelge 1.1. Taneciksel madde kirliliğine bağlı hava kalitesi indeksi [5].

Hava Kalitesi İndeksi	Sağlık Seviyesi	Uyarılar
0 - 50	İyi	Yok
51 - 100	Orta	Nadiren hassas olan kişiler, yoğun ve uzun süreli efor sarfını azaltmayı dikkate almalıdır.
101 - 150	Hassas gruplar için sağlıksız	Solunum (astım gibi) veya kalp hastalığı olan kişiler, yaşlılar ve çocuklar uzun süreli ve yoğun efor sarfını azaltmalıdır.
151 - 200	Sağlıksız	Kalp veya solunum hastalığı (astım gibi) olan kişiler, çocuklar ve yaşlılar yoğun ve uzun süreli efor sarfindan kaçınmalıdır. Bunun dışında herkes, yoğun ve uzun süreli efor sarfını azaltmalıdır.
201 - 300	Çok sağlıksız	Kalp veya solunum hastalığı (astım gibi) olan kişiler, çocuklar ve yaşlılar dış ortamda yapılan tüm fiziksel aktivitelerden kaçınmalıdır. Bunun dışında herkes, yoğun ve uzun süreli efor sarfindan kaçınmalıdır.
301 - 500	Tehlikeli	Kalp veya solunum hastalığı (astım gibi) olan kişiler, çocuklar ve yaşlılar evlerinde kalmalıdır ve aktivite seviyelerini düşük tutmalıdır. Bunun dışında herkes, dış ortamda yapılan tüm fiziksel aktivitelerden kaçınmalıdır.

Hava kalite indeksinin hesaplanması, havadaki kirleticilerin derişikliklerini (hava içerisindeki kirletici madde miktarı) kayıt altına alan ölçüm cihazlarından oluşan bir ağ yardımı ile ölçülür. Bu ölçüm değerleri nihai değerler olmayıp, geliştirilmiş formüller kullanılarak hava kalitesi indeksine çevrilmektedir. Bölgedeki her bir kirletici için ayrı ayrı hava kalitesi indeksi değeri hesaplanmaktadır.

Hava kalite indeksinde taneciksel maddeye örnek verecek olursak hava kalitesi indeksi 100 olması durumunda , ortalama 24 saatlik bir zaman diliminde 2,5 µm'den küçük çaptaki ince taneciklerin 40 µg/m³ miktarında olduğunu, 10 µm'den küçük çaptaki kaba taneciklerin 150 µg/m³ miktarında olduğunu belirtmektedir [5].

Ülkemizde ilk olarak hava kirliliği ile ilgili çalışmalar 2 Kasım 1986 tarihinde yapılması gerekli uygulamalar ve önlemler yönetmeliği ile başlamıştır. Daha sonra Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği 06 Haziran 2008 tarihinde yürürlüğe girmiştir. Tesisler yönetmelikte havayı kirletme durumlarına göre izne tabi olmayan tesisler, izne tabi tesisler ve kirletici vasfı yüksek tesisler olarak üç farklı grupta sınıflandırılmıştır [6].

Endüstriyel tesislerde; üretim, transport, paketlenme vb. süreçlerde ortaya çıkan tozlar insan sağlığı ve çevreyi olumsuz etkilemektedir. Bu süreçlerde ortamdaki havayı kirletici madde miktarlarının çevre ve insan sağlığına zarar vermeyecek değerlere getirilmesi için toz toplama sistemleri kullanılmaktadır. Kirli gazlar, geçirgenliği uygun olan bir filitreleme elemanından geçirildiğinde içeriğindeki çevre ve insan sağlığı açısından zararlı tanecikler bu ekipmanlar tarafından tutulur. Toz toplama sistemleri filitreleme ekipmanları ile bu filtrasyon prensibine göre çalışmaktadır. Toz toplama sistemleri, kirli hava veya gazları negatif basınç oluşturan fanlar yardımıyla emiş kanallarını (toz toplama boruları) kullanılarak ortamdaki uzaklaştır ve toz toplama filtresine ulaştır. Toz toplama filtresine getirilen kirli gazlar veya hava filtrelerden geçer. Filtreden geçirilen ve içeriğindeki zararlı taneciklerden arındırılan temiz hava sürece bağlı olarak ortama geri verilir veya ortamdaki atmosfere atılır. Toz toplama sistemi bu prensibe göre çalışmaya devam ederken filitreleme ekipmanında toz birikmeye başlar ve filitreleme ekipmanının geçirgenliği azalır. Sistemin sağlıklı çalışmasına sebep olur. Filitreleme ekipmanı üzerinde biriken tozlar veya partiküller,

farklı parametrelere bağlı olarak belirli zaman aralıklarında temizlenir ve filtrasyon ekipmanın verimli bir şekilde çalışmasına devam etmesi sağlanır. Temizleme işlemi filtrasyon ekipmanlarına bağlı olarak çeşitlilik göstermektedir. Filtreleme ekipmanının temizlenmesi sonrası filtre nitesi içerisinde biriken tozlar boşaltım yapılan kısımda (bunker) toplanır ve bu kısımdan transfer edilir.

Toz toplama sistemlerinin diğer bir kullanım alanı, üretim veya diğer aşamalarda açığa çıkan tozlar içerisindeki hammaddenin geri kazanılmasıdır. rnek olarak imento fabrikalarındaki toz toplama sistemi veya entegre demir elik tesislerde sinter toz toplama ünitelerinde toplanan tozlar hammadde olarak üretimde tekrar kullanılmaktadır.

Toz toplama sistemleri endüstride geniş uygulama alanlarına sahiptir. Bunlar; tarım, tekstil, gıda, ilaç, kumlama ve boyama, ahşap, kaynak ve diğer metal uygulamaları, lazer/plazma kesim, madencilik, lastik, kimya, vb. sıralanabilmektedir. Toz toplama sistemlerinin tasarım kriterleri, prosese, kullanılacakları yere, havalandırma şartları ve hava kirleticilerin özelliklerine bağlı olarak değişiklik göstermektedir.

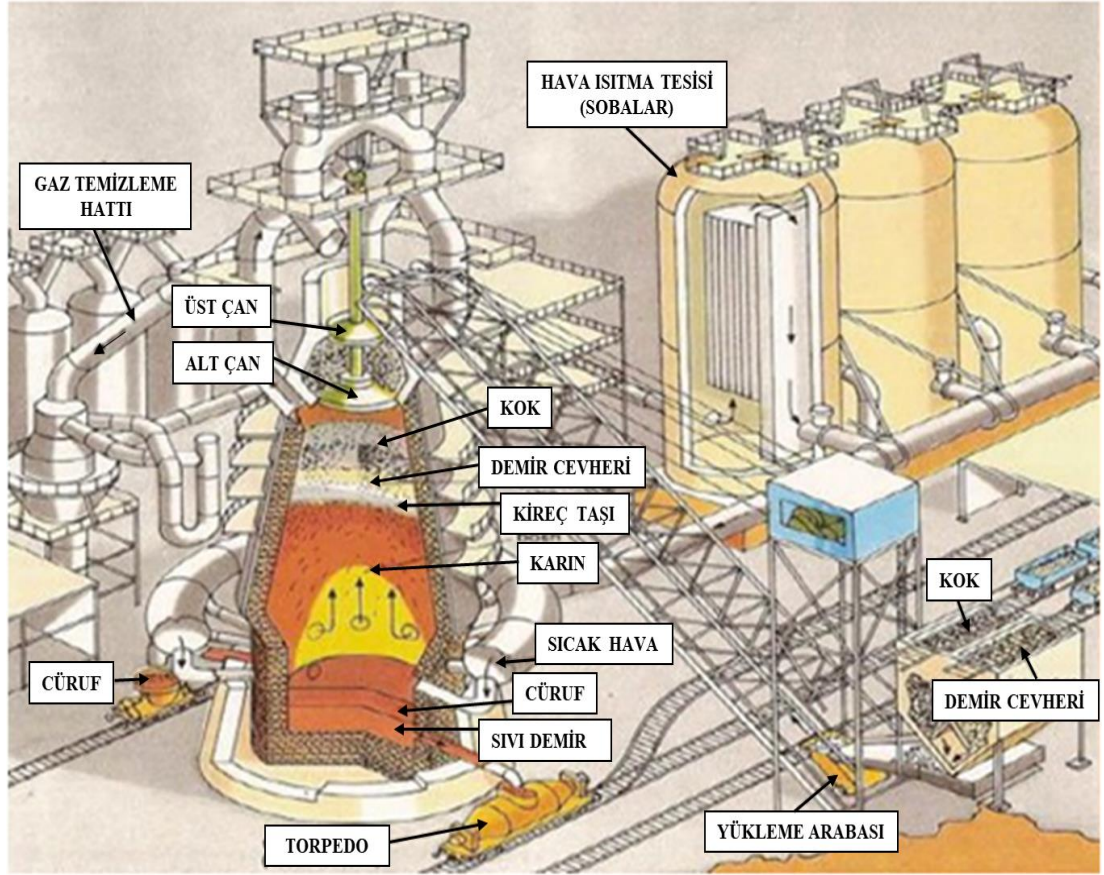
Enerji tüketime filtreleme sistemleri tasarımı ve imalatında önemli hususlardan bir tanesidir. Toz toplama sistemleri kurulurken enerji tüketimleri de incelenmeli ve verimli biçimde çalışmalıdır. Filtre tasarımında, tozun cinsi, tanecik boyutları, toz toplama kanallarının ebatları, filtreleme yüzey alanı, filtre için kullanılan torbalar, kontrol sistemindeki filtre hava basıncı, filtre giriş sıcaklığı vb. dikkat edilmesi gereken diğer parametrelerdir. Bu parametreler, toz toplama sistemlerinde enerji verimliliğini etkilemektedir. Filtrenin verimli çalışması için kaçaklar ve basınç kayıpları sürekli kontrol edilerek en iyi biçimde kullanılması sağlanmalıdır.

Bu bilgiler işığında, çalışmamızın amacı Kardemir A.ř.'de Yüksek Fırın-1 tesisi döküm holünde bulunan online toz toplama sisteminin arıza veya bakım süreçlerinde ortaya çıkan problemlerinin offline toz toplama sistemine çevrilerek ortadan kaldırılmasıdır.

BÖLÜM 2

YÜKSEK FIRINLAR

Yüksek Fırın, genel olarak metal cevherlerin ergitmesinde kullanılan dikey izabe (ergitme) fırınlarına verilen isimdir. Kapsamlı olarak tanımı ise, oksitli cevherlerin indirgenmesi yani redüksiyon prensibine göre metalurjik koktan elde edilen karbonmonoksit (CO) ile tepkimeye girip sıvı ham demire dönüştüğü prosesin, kapasitelerine bağlı olarak yükseklikleri 30 ila 90 metre arasında değişen dikey ergitme (izabe) fırınlarına verilen isimdir [7]. Şekil 2.1’de yüksek fırının şematik gösterimi verilmiştir.



Şekil 11. Yüksek fırın şematik gösterimi [8].

2.1. YÜKSEK FIRIN PROSESİ

Yüksek fırın, demir içerikli cevherlerinin kok ve kireç taşı ile birlikte ergitilmesinde kullanılan ve kapasitelerine göre yükseklikleri 30 ile 90 m aralığında değişen fırınlara verilen isimdir. 2021 yılında dünya çapında çelik üretimi, 2020 yılına kıyasla %3,7 artışla 1,95 milyar tona yükselmiştir. Türkiye çelik üretimi ise 2021'de %12,7 oranında artarak 40,4 milyon ton gerçekleşmiştir [9]. Yüksek fırınlar ve çelikhaneler vasıtasıyla bu üretimin %60'ı, hurdaların eritilmesi ile de geriye kalan %40'lık kısmı elde edilmektedir. Hurda kaynağının da yüksek fırın olduğu göz önüne alınırsa çelik üretiminin % 99'u yüksek fırınlardan elde edilmektedir [10].

Demir cevheri yüksek fırın üretimi için ihtiyaç duyulan temel hammaddedir. Yüksek fırında üretim için ihtiyaç duyulan diğer bir hammadde olan kok, taşkömürünün kok fabrikası batarya fırınlarında koklaştırılıp metalürjik kok haline getirilerek yüksek fırına sevk edilmektedir. Demir üretimi için gerekli diğer bir hammadde ise toz cevherdir. Toz cevher sinter fabrikasında sinterleme işlemi ile sinter haline getirilir ve yüksek fırında kullanılmak üzere yüksek fırına sevk edilir. Bu cevherlerin dışında düşük tenörlü (cevher içerisindeki oran) demir cevherleri pelet tesisinde, zenginleştirilerek yüksek tenörlü demir cevheri olan pelet haline getirilir ve yüksek fırın kullanımına hazırlanır. Bu hammaddeler belirli oranlarda kullanılarak yüksek fırın tesisinde ergitme işlemi sonucunda pik demir üretilmektedir. Pik demir, BOF (Bazik Oksijenli Fırın) 'un bulunduğu çelikhane de çeşitli süreçlerden geçirilerek çeliğe dönüştürülmektedir. Çeliğe dönüştürüldükten sonra sürekli döküm makinelerinde slab ve/veya kütük olarak dökülmektedir. Bu kütük ve slablar uzun veya yassı ürün haddehanelerinde işlemlerden geçirilerek nihai ürün haline dönüştürülmektedir [11]. 2021 yılına ait dünyadaki çelik üretimi ve ülkelere göre dağılımları Çizelge 2.1'de verilmiştir. 2022 yılına ait güncel verilere ulaşılamadığından 2021 yılına ait veriler verilmiştir.

Çizelge 2.1. 2021 Yılına ait dünyadaki çelik üretimi ve ülkelere göre dağılımı [12].

Dünya Ham Çelik Üretimi (MMT)				
Sıra	Ülke	2021	2020	% Değişim
1	ÇİN	1032,8	1064,7	-3,0
2	HİNDİSTAN	118,1	100,3	17,8
3	JAPONYA	96,3	83,2	15,8
4	ABD	86,0	72,7	18,3
5	RUSYA	76,0	71,6	6,1
6	GÜNEY KORE	70,6	67,1	5,2
7	TÜRKİYE	40,4	35,8	12,7
8	ALMANYA	40,1	35,7	12,3
9	BREZİLYA	36,0	31,4	14,7
10	İRAN	28,5	29,0	-1,8
11	İTALYA	24,4	20,4	19,7
12	VİETNAM	23,6	19,9	18,4
13	TAYVAN	23,3	21,0	10,9
14	UKRAYNA	21,4	20,6	3,6
15	MEKSİKA	18,4	16,8	9,5
16	İSPANYA	14,0	11,0	27,7
17	FRANSA	13,9	11,6	20,3
18	KANADA	12,8	11,0	16,2
19	ENDONEZYA	12,5	12,9	-2,9
20	MISIR	10,3	8,2	25,1
21	SUUDİ ARABİSTAN	8,7	7,8	12,3
22	POLONYA	8,4	7,9	6,5
23	AVUSTURYA	7,9	6,8	17,1
24	İNGİLTERE	7,4	7,1	3,9
25	BELÇİKA	7,0	6,1	13,6
26	HOLLANDA	6,6	6,1	9,4
27	MALEZYA	6,5	6,6	-1,8
28	AVUSTRALYA	5,8	5,5	6,0
29	TAYLAND	5,6	4,5	25,8
30	BANGLADEŞ	5,5	5,5	0,0
31	PAKİSTAN	5,3	3,8	39,9
32	GÜNEY AFRİKA	5,0	3,9	29,5
33	ARJANTİN	4,9	3,7	33,5
34	SLOVAKYA	4,9	3,4	41,2
35	ÇEKYA	4,8	4,5	7,9
36	İSVEÇ	4,7	4,4	6,1
37	KAZAKİSTAN	4,4	3,9	12,5
38	FİNLANDİYA	4,3	3,5	24,1
39	CEZAYİR	4,0	4,0	0,0
40	ROMANYA	3,4	2,8	21,8
41	DİĞER	36,2	34,0	6,4
GENEL TOPLAM		1905,5	1880,4	3,7

2.1.1. Dünyada Kurulu Bulunan Yüksek Fırımlar

Global Steel Plant Tracker (GSPT)'in Mart 2022 verilerine göre dünya üzerinde yüksek fırın ile üretim yapan 407 adet demir çelik firması bulunmaktadır [13]. Dünya

üzerinde şu anda 5.500 m³ ve üzerinde bulunan yüksek fırınlardan 5 tanesi Güney Kore firması olan POSCO'ya aittir. Bunun dışında 4 tanesi Japonya, 3 tanesi Çin, 1 er tanesi Rusya ve Almanya olmak üzere toplam 14 adet süper büyük yüksek fırın vardır. Dünyanın en büyük kapasiteye sahip yüksek fırını 6.000 m³ ve 5.650.000 ton/yıl kapasite ile POSCO firmasının Gwangyang tesisinde bulunan 1 numaralı yüksek fırınıdır [14]. 2. sırada ise 5.800 m³ kapasite ile SHAGANG Group firmasına aittir [15]. Şekil 2.2'de dünyanın en büyük yüksek fırını olan (6.000 m³ ve 5.650.000 ton/yıl kapasite) posco gwangyang 1 no.lu yüksek fırını görseli verilmiştir.



Şekil 2.3. Dünyanın en büyük yüksek fırını (6.000 m³ ve 5.650.000 ton/yıl kapasite) Posco Gwangyang 1 no.lu yüksek fırını görseli [16].

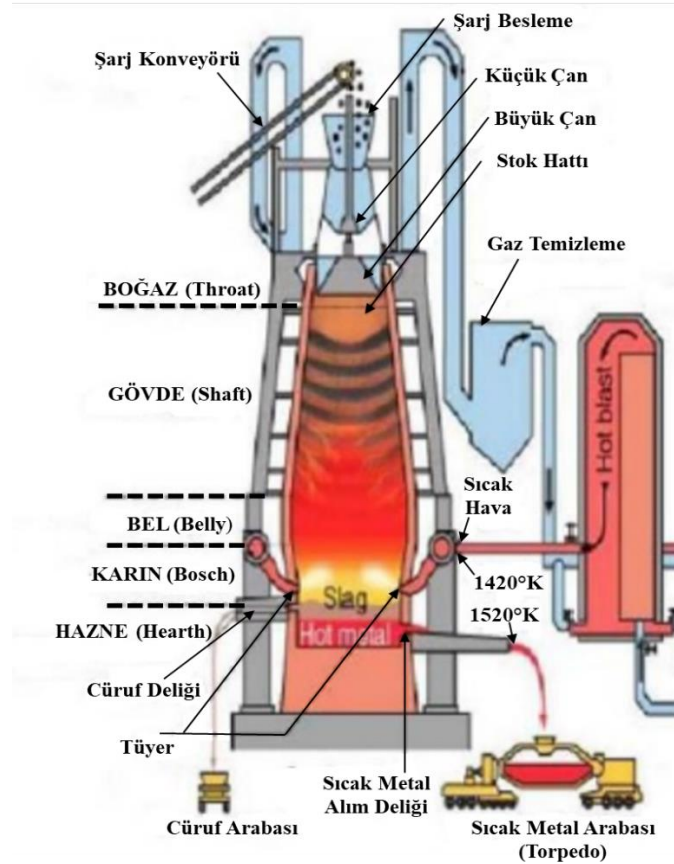
2.1.2. Türkiye’de Kurulu Bulunan Yüksek Fırımlar

Ülkemizdeki yüksek fırınlar 3 tane entegre demir çelik firmamız olan İSDEMİR, ERDEMİR ve KARDEMİR’de bulunmaktadır. Bunlar; İskenderun Demir Çelik Fabrikası’nda 4 adet olup isimleri Ayfer, Gönül, Cemile ve Dilek, Ereğli Demir Çelik Fabrikası’nda 2 adet olup isimleri Zübeyde ve Ayşe, Karabük Demir-Çelik Fabrikası’nda ise 5 adet olup, Fatma (1939 - Ülkemizin ilk yüksek fırını), Zeynep (1950), Ülkü (1962), 4 no’lu yüksek fırını (2008) ve en son 10 Ocak 2015 tarihinde çalışmaya başlayan 5 no’lu yüksek fırındır. Bu sayılar ile birlikte ülkemizde toplam 11

adet yüksek fırın mevcuttur [17]. Türkiye’de en büyük kapasiteye sahip yüksek fırın İsdemir’de kurulu bulunan 1 no.lu yüksek fırındır (Yıllık 2.800.000 ton/yıl). Kardemir’de bulunan Zeynep ve Ülkü isimli 2. ve 3. yüksek fırınlar ekonomik ve ticari ömürlerini tamamladıkları gerekçesi ile durdurulmuş ve 2. yüksek fırının yıkım işlemi tamamlanmıştır.

2.1.3. Yüksek Fırın Bölümleri

Yüksek fırının ana gövdesi bulunduğu bölüme göre 30 mm ile 50 mm arasında farklı kalınlıklarda değişen çelik sacdan yapılmıştır. Fırının ana gövde sacı içerisindeki reaksiyonlar sonucu meydana gelen ısıdan zarar görmemesi adına, fırının iç kısmından farklı kalite ve özelliklerde refrakter tuğlalar ile örülerek oluşan reaksiyonların ısı maruziyetinden korunmaktadır. Yüksek fırın; boğaz, bel, gövde, hazne ve karın bölümlerden oluşmaktadır. Şekil 2.4’de yüksek fırın kesitinin şematik gösterimi verilmiştir.



Şekil 2.5. Yüksek fırın kesitinin şematik gösterimi [18].

2.1.3.1. Boğaz (Üst Bölüm)

Fırının boğaz bölümü silo, çan ve çan kapağı sistemi veya son yıllarda geliştirilen ve çanlı tepe sistemine göre ileri teknoloji bir sistem olan çansız tepe sisteminden oluşmaktadır. Yüksek fırın içerisinde reaksiyonlar sonucu oluşan gazlar borular ile bu kısımdan dışarı tahliye edilir. Bu bölümde kullanılan çan kapakları ile dış ortama gaz salınımı olmadan yüksek fırına hammadde şarjı yapılır. Hammaddeler fırının üst bölümünde bu tepe teçhizatı sistemi kullanılarak şarj edilir. Fırın içerisine alınan hammaddelerin ısıya maruz kalmaları sebebi ile hacimleri artmaktadır. Hammaddelerin aşağı yönde sıkışmadan ilerleyebilmesi için fırının gövde çapı alt bölümlere doğru büyümektedir. Bu bölümde sıcaklık ortalama (150-200) °C civarındadır.

2.1.3.2. Gövde

Bu bölüm fırının en uzun ve alt kısma doğru çapının büyümeye devam ettiği kısımdır. Bu bölümde cevher ve kok karışımı aşağı yönde hareket eder. Şarj edilen hammaddeler fırının içerisine ortalama dokuz saatlik bir zaman diliminde yayılır.

2.1.3.3. Bel

Fırının gövde kısmının bittiği yerden itibaren başlayan bölüm olup, fırının gövde çapının en büyük olduğu ve bu çapın sabit olarak devam ettiği kısımdır. Metal ve cürufun ergimeye ve bu ergimeden dolayı hacimlerin azalmaya başladığı bölümdür.

2.1.3.4. Karın

Bu bölge yapı olarak ters koni şeklindedir. Üst bölümü fırının en geniş çaplı kısmı olan bel, alt kısmı ise hazne ile birleşmektedir. Fırının çap olarak daralmaya başladığı bölümdür. Bu bölümde fırın hacmi kısmi ergimenin sağlanması için küçültülmüştür. Fırının karın bölümünde cevherin erimesi ve nihai cüruf oluşma işlemleri tamamlanır. Cüruf ve eriyen metal, karın bölgesinin altında fırının en alt bölümü olan ve çapı sabit hazne kısmında birikmektedir. Fırın boyutlarının ölçüleri, çalışma metodu, kullanılacak malzemenin cinsi, hava sıcaklığı vb. parametrelere göre değişmektedir.

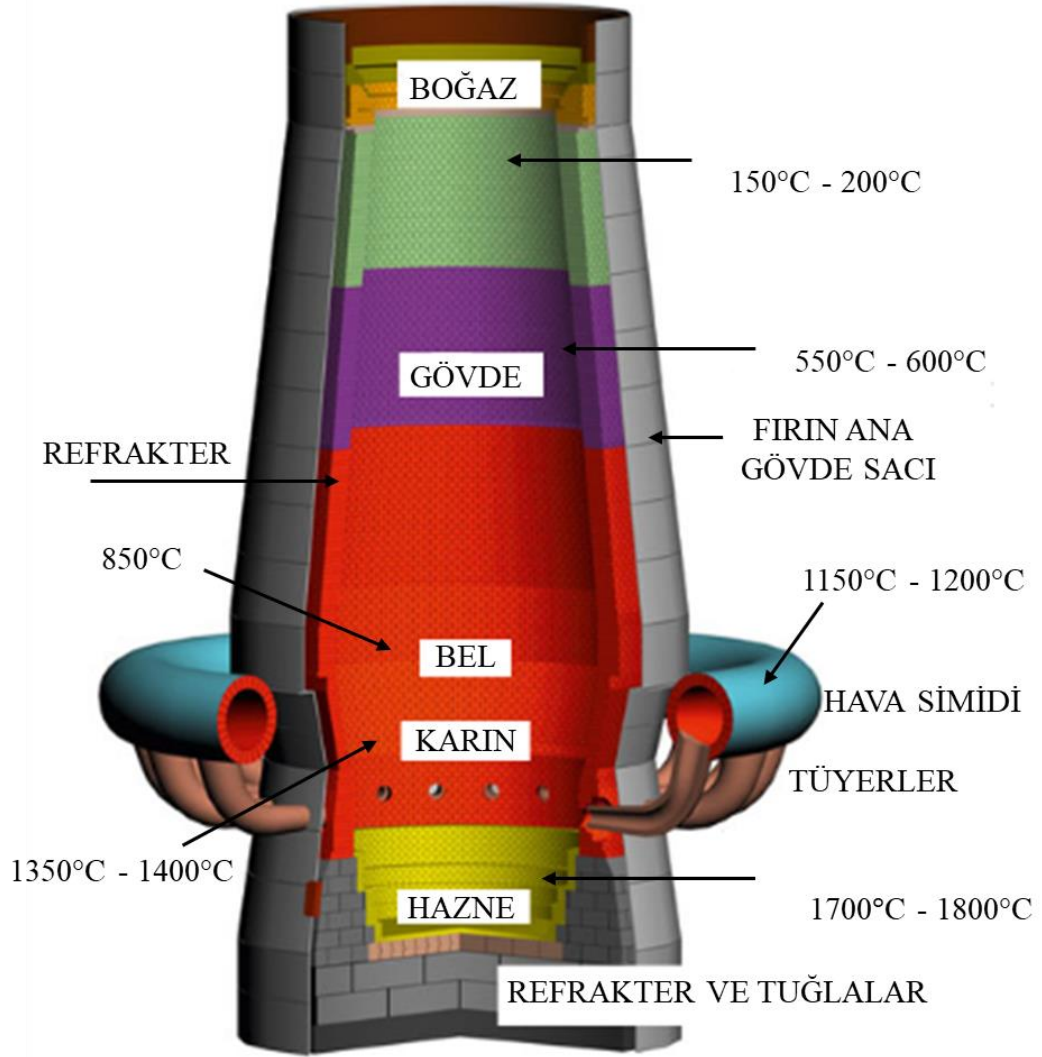
Fırın içerisindeki malzemenin kolay hareketi ve yukarı yönlü hareket eden gazın, malzeme ve fırın çeperi (duvarı) boyunca temasının düzenli ve çok iyi olabilmesi için bu ölçülerin dikkatle belirlenmesi gerekmektedir.

2.1.3.5. Hazne

Fırının en alt kısmındaki silindirik bölüm olup, cüruf ve sıvı demirin içerisinde biriktiği kısımdır. Haznenin üst bölümünde bakırdan imal edilmiş fırının kapasitesine göre sayısında değişkenlik gösteren üfleme boruları konumlandırılmıştır. Su ile soğutma işlemi yapılan bu borular tüyerler yardımı ile fırına hava üfleme için kullanılmaktadır. Tüyerlere göre daha alt konumda, yine aynı şekilde su soğutmalı sistem ve bakır borulardan imal edilmiş cüruf boşaltma delikleri bulunmaktadır. Haznenin en alt kısmında ise ham demirin boşaltılması için kullanılan bir delik vardır. Bu delik her döküm işleminden sonra ateşe dayanıklı malzeme ile kapatılmaktadır.

Fırının karın bölümünün alt kısmındaki hava boruları (tüyerler) kullanılarak fırının içerisine sıcak hava üflenir. Tüyerler fırının dış çeperini eşit aralıklarla çevreleyecek şekilde konumlandırılmıştır. Yüksek fırınlarda kapasite ve ihtiyaç duyulan hava debisine göre on ila on altı adet arasında değişen sayılarda tüyer kullanılmaktadır. Fırının karın bölümünün altından etrafını çevreleyen ve iç tarafı refrakter tuğlalarla örülmüş simit şeklindeki ana hava borusundan tüyerlere sıcak hava verilir. Bronz veya bakırdan imal edilen bu tüyerlerin iç çapları on ile on sekiz cm arasında değişkenlik göstermektedir. Çalışma sırasında su ile soğutulan tüyerlerin fırının çalışma koşullarına göre ömürleri farklılık göstermektedir.

Fırının üst kısmında sıcaklık ortalama 150-200 °C civarındadır. Bu kısımda şarj edilen malzemeler ısınır. Malzemeler gaz akışına ters olarak aşağı yönlü hareket ederken çeşitli kimyasal reaksiyonlar oluşur ve hazne bölümünde sıcaklık en yüksek değerlere ulaşır (yaklaşık 1800 °C). Erimiş metal sıcaklığın en yüksek olduğu hazne bölgesine toplanır. Hazne bölgesinde yoğunluk farkından dolayı üst kısımdaki delikten cüruf, alt kısımdaki delikten de erimiş metal (sıvı pik demir) pota ve torpedolara alınır. Şekil 2.6'de yüksek fırın içerisindeki hava sıcaklık değişiminin şematik gösterimi verilmiştir.



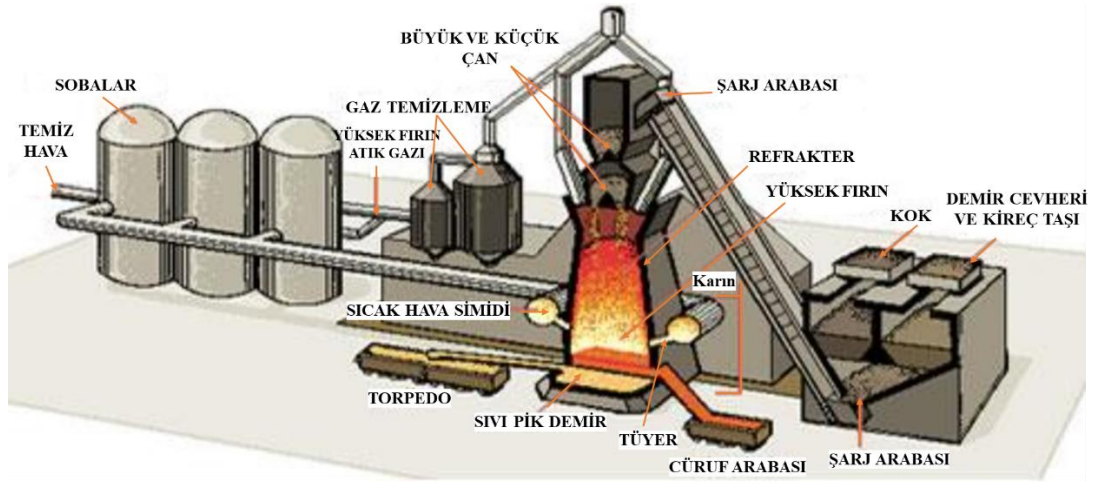
Şekil 2.7. Yüksek fırın içerisindeki hava sıcaklık değişiminin şematik gösterimi [19].

Kimyasal reaksiyonlar için gerekli hava tüyerlerden 1 ile 1,5 atm. basınç aralığında fırının içerisine verilir. Fırın içerisine giren hava yukarı yönlü hareket ederken bir taraftan kimyasal reaksiyonların gerçekleşmesini sağlar diğer taraftan da fırına yeni şarj edilen hammaddeleri ısıtır. Fırından çıkan baca gazları üst bölümden tahliye edilir. Tahliye edilen gazlar yabancı madde ve tozlardan filtrelendikten sonra hava ısıtma kulelerine (sobalar) verilerek tekrar kullanılmak üzere değerlendirilir.

Yüksek fırının sürekli çalışabilmesi için yardımcı tesislere ihtiyaç duyulmaktadır.

2.2. YÜKSEK FIRIN YARDIMCI TESİSLER

Yüksek fırın yardımcı tesisleri genel olarak, hammadde besleme ünitesi, kömür enjeksiyon sistemi, sobalar, kontrol odası, gaz temizleme, fırın üstü şarj sistemi (tepe teçhizatı), dökümhane, soğutma sistemi ve refrakter olarak sıralanabilir. Şekil 2.5’de yüksek fırın yardımcı tesislerinin şematik gösterimi verilmiştir.



Şekil 2.5. Yüksek fırının yardımcı tesislerine ait şematik gösterimi [20].

2.2.1. Hammadde Besleme Sistemi

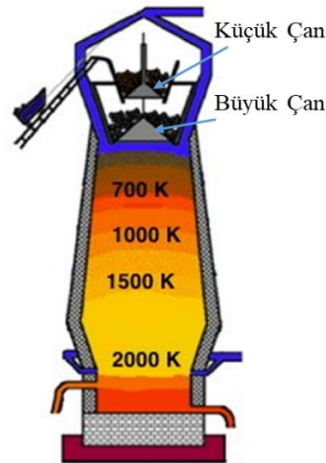
Fırında kullanılacak hammaddelerin depolandığı, hazırlandığı ve fırının tepe bölgesinden şarj edilecek olan bu hammaddelerin fırın üstüne transferinin gerçekleştirildiği ünedir. Hammadde besleme sistemi, hammadde siloları, besleyiciler, taşıyıcı bantlar, tartı hazneleri ve fırının tipine göre konveyör veya kova sistemlerinden oluşmaktadır. Yüksek fırından önceki tesislerde (kok, sinter, pelet fabrikaları gibi) hazırlanan ve fırın bölgesine transfer edilen hammaddeler (sinter, kok, pelet vb.), malzeme cinsine ve fırın üretim kapasitesi göre farklı ebatlarda silolarda stoklanmaktadır. Silolardan elek görevi yapan besleyiciler kullanılarak tartım haznelerine gelen hammaddeler, hassas ölçüm ekipmanları kullanılarak belirlenen oranlarda konveyör bantlar yardımı ile fırını besleyen kovalara doldurulur. Fırını besleyen iki adet kova vardır. Kovalardan biri bantlar ile gelen hammaddeyi alırken diğer kova fırına hammadde dolduracak şekilde senkronize çalışan kritik iki ekipmandır.

2.2.2. Fırın Üstü Şarj Sistemi (Tepe Teçhizatı)

Tepe teçhizatı, fırında kullanılacak olan hammaddelerin fırın üstüne transferi yapıldıktan sonra hammaddelerin fırına şarjını sağlayan kısımdır. Daha önceki dönemlerde çanlı tepe sistemi olarak tanımlanan küçük ve büyük çandan oluşan şarj sistemi kullanılırken günümüzde daha modern olan çansız tepe sistemleri kullanılmaktadır [21].

2.2.2.1. Çanlı Tepe Sistemi

Fırına şarjı yapılacak hammadde, hammadde besleme sistemi ile fırın tepesine transfer edilerek küçük çan üzerine aktarılır. Hammadde küçük çanın yapısı gereği homojen bir şekilde yayılır. Bu aşamada büyük çanın pozisyonu kapalıdır. Küçük çanın üzerindeki hammadde çanın açılmasıyla büyük çana aktarılır. Daha sonra küçük çan tekrar kapatılır. Büyük ve küçük çanlar arasındaki basınç, fırının iç basıncıyla aynı olduktan sonra büyük çan açılır ve hammadde fırının içerisine aktarılır. Bu şarj işlemi önceden belirlenmiş şarj programına göre yapılır. Büyük çan hammadde fırına döküldükten sonra kapanır. Küçük çanın tekrar hammadde dökebilmesi için iki çan arasındaki basıncın transfer edilmesi gerekmektedir. Fırın içerisine büyük çan ile şarj edilen hammaddenin düzgün bir şekilde dağılması gerekmektedir. Bu durum fırın içerisindeki yükselen gazların düzgün ve dengeli dağılabilmesi için önemlidir. Şekil 2.6'da fırın üstü çan sisteminin şematik gösterimi verilmiştir.

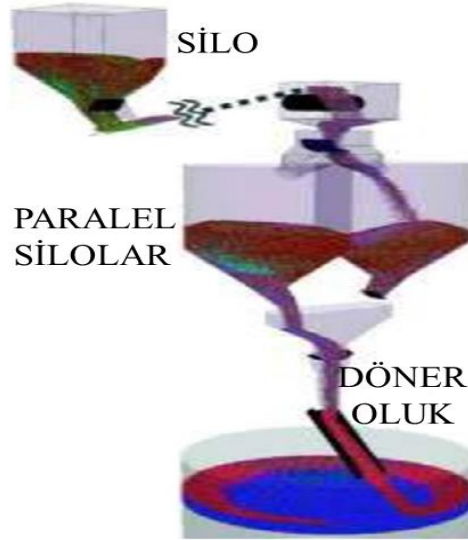


Şekil 2.6. Fırın üstü çan sistemi şematik gösterimi [22].

2.2.2.2. Çansız Tepe Sistemi

Çansız tepe sistemi, fırın üstü şarj sistemlerinde en son ve yeni kullanılan yöntemdir. Bu sistemin önemli bölümleri, fırına şarj edilen hammadenin cinsine bağlı olarak 1 ila 3 adet arasında değişen fırın üstü siloları, alt ve üst sızdırmazlık valfleri, dişli kutusu, eşitleme ve tahliye valfleri, döner oluk ve malzeme kapısıdır. Fırın tepesine transfer edilen hammaddeler yapılacak programa göre sıra ile silolara aktarılır. Silo içerisindeki hazır olan hammadde fırın içerisine aktarılmadan önce üst sızdırmazlık valfi kapatılır ve silonun iç basıncı fırının iç basıncıyla eşitlenir. Basınçların eşitlenmesi işlemi tamamlandıktan sonra alt sızdırmazlık valfi ve malzeme kapısı sıra ile açılır. Silo içindeki hammadde döner oluk yardımıyla ile fırın içine aktarılır.

Hammaddenin silodan fırın içerisine aktarılması sırasında döner oluk kendi eksenini etrafında döndüğü için fırının içerisine hammaddenin homojen bir şekilde şarjı yapılmaktadır. Ayrıca döner oluk farklı açılarda döküş yapabilmektedir. Böylelikle hammadde, fırın içerisinde refrakter tuğladan fırın merkezine doğru dairesel olarak istenilen miktarda aktarılabilir. Silodaki hammadde fırın içerisine transfer edildikten sonra sıra ile malzeme kapısı ve alt sızdırmazlık valfi kapanır. Silo içerisine tekrar hammadde alınabilmesi için iç basıncın atmosfer basıncına eşit olması gerekir. Bu sebeple şarj işlemi tamamlandıktan sonra tahliye valfi açılarak silo içerisindeki basınç tahliye edilir. Şekil 2.7’de fırın üstü çansız tepe sistemi şematik gösterimi verilmiştir.



Şekil 2.7. Fırın üstü çansız tepe sistemi şematik gösterimi [23].

2.2.3. Sobalar

Sobalar, yüksek fırınların ihtiyaç duyduğu ve fırın içerisindeki hammaddenin askıda kalması için kullanılan havanın ısıtıldığı yardımcı tesistir. Yakma havasının ön ısıtma işleminden geçirilerek fırınlara üflenmesi, süreç ve enerji tasarrufu yönünden önemlidir. Yüksek fırınlarda çalışma prensibine ve fırının büyüklüğüne göre üç veya dört adet soba bulunur. Her bir soba, yanma ve ısınma hücresi olarak iki bölümden oluşmaktadır [24]. Sobaların gaz devresi (ısınma), fırın devresi (üfleme) ve bekleme devresi olmak üzere üç devresi vardır [25]. Sobalar silindirik şekildedirler ve iç bölümleri refrakter ile kaplıdır.

2.2.4. Gaz Temizleme

Yüksek fırın gazının içeriği karbonmonoksit, karbondioksit, azot ve su buharından oluşmaktadır. Gaz temizleme tesisi, yüksek fırınlarda demirin indirgenmesi ile oluşan gazının temizlendiği tesistir. Yüksek fırın gazı uçucu hidrokarbonlardan yoksun olduğu ve önemli miktarda azot içerdiği için kalori değeri (750-800 kcal/Nm³) düşüktür [26]. Yüksek fırın gazı düşük kalorifik değere sahip olup yüksek fırın tesisindeki gaz temizleme ünitelerinde içeriğindeki tozun temizleme işlemi ve soğutma sonrası yüksek fırın gazı şebekesine sevk edilir, buhar kazanları, kok fırınları, bazı tav fırınları ve fırın sobaları gibi ünitelerde yakıt olarak kullanılabilir.

2.2.5. Kömür Enjeksiyon Sistemi

Yüksek fırınlarda yakıt olarak kullanılmak üzere, ana yakıt kaynağı metalurjik koktan daha ucuz ve daha kalitesiz olan taş kömürleri öğütülerek ve kurutularak pülverize hale getirilir ve bu pülverize kömür metalurjik kok ile karıştırılıp yüksek fırınlara enjeksiyonu yapılır. Bu sisteme kömür enjeksiyon sistemi denir.

2.2.6. Dökümhane

Yüksek fırında sıvı pik demir ve cürufun fırından alındığı yerler dökümhane olarak adlandırılır. Yüksek fırının üretim kapasitesine göre döküm yolu sayıları bir ila dört

arasında değişkenlik göstermektedir. Yüksek fırının dökümhane bölümündeki ana ekipmanlar, dökümhane vinci, cüruf ve pik kanalları, cüruf ve döküm delikleri, döküm açma matkabı ve döküm kapama (çamur topu) olarak adlandırılırlar.

2.2.6.1. Cüruf ve Döküm Delikleri

Yüksek fırında üretilen ve hazne kısmında toplanan cüruf ve sıvı pik demirin fırından boşaltıldığı kısımdır. Fırının hazne kısmında biriken cüruf ve sıvı pik demir yoğunluk farkından dolayı birbirlerine karışmazlar. Cürufun yoğunlu daha düşük olduğu için haznede üst kısımda birikir. Bu sebepten dolayı cüruf deliği sıvı pik demirin döküm deliğine göre daha üst kısımdadır. Cüruf delikleri ihtiyaç duyulduğu zaman açılırken pik delikleri belirli zaman aralıklarında açılarak haznedeki cüruf ve sıvı pik birlikte tahliye edilirler. Bundan dolayı pik delikleri “Döküm Deliği” olarak tanımlanır. Haznede biriken pik ve cüruf boşaltıldıktan sonra döküm deliği yeniden dolması için kapatılır.

2.2.6.2. Cüruf ve Pik Kanalları

Sıvı pik demir fırından boşaltılırken transfer edileceği araçlar olan torpedo veya pota arabalarına belirli bir kanaldan geçerek doldurulur. Bu kanallar aşınmaya ve sıcaklığa dayanıklı refrakterden yapılmıştır. Cüruf ve pik, döküm deliğinden cüruf kanalına kadar birlikte gittiği için pik kanalı döküm kanalı olarakta tanımlanır. Cürufun sıvı pik demire göre yoğunluğu ve aşındırıcılığı daha düşüktür. Döküm deliğinden birlikte tahliye edilen pik ve cüruf “Sifon Bölgesi” olarak adlandırılan bölgede yoğunluk farkından dolayı birbirlerinden ayrılırlar. Pik, torpedolara dolarken cüruf ise cüruf kanalından geçerek pota arabası ile cüruf sahasına transfer edilir .

2.2.6.3. Dökümhane Vinci

Dökümhane içerisinde kullanılan malzemelerin transfer edilmesinde kullanılan ekipmandır.

2.2.6.4. Döküm Açma Matkabı

Fırın haznesinde biriken cüruf ve sıvı pik demir boşaltıldıktan sonra döküm deliği kapatılarak sıvı pik ve cürufun tekrar dolması için belirli bir zaman geçer. Bu süre tamamlandığında döküm deliğinin tekrar açılması gerekir. Bu işlem döküm açma matkabı ile yapılır.

2.2.6.5. Döküm Kapatma (Çamur Topu)

Fırın haznesinde biriken cüruf ve sıvı pik demir boşaltıldıktan sonra fırın iç basınç etkisi ile döküm deliğinden cüruf ve sıvı pik demiri püskürtmeye başlar ve belirli bir zaman sonra püskürme şiddetlenir. Bu, haznedeki erimiş metallerin boşaltılmasının bittiğini gösterir ve döküm deliğinin kapatılması gerekir. Döküm deliği, plastik yapıdaki sıcaklık etkisi ile sertleşme özelliğine sahip reçine bazlı refrakter ile kapatılır.

2.2.7. Kontrol Odası

Yüksek fırın tesisi otomasyon sistemlerinin yoğun olarak kullanıldığı tesislerdir. PLC/DCS (Programmable Logic Controller)/(Distributed Control System) gibi yüksek fırının belirli bölümlerini kontrol eden bilgisayar sistemleri vardır. Şarj sistemi, hammadde sistemi ve sobalar gibi tesisin önemli kısımlarının kontrolü bilgisayar ile yapılır ve çalıştırılır. Ayrıca, kontrolü bilgisayar ile yapılan tüm sistemlerin bakım veya arıza gibi otomatik çalıştırma yapılamayan durumlarında müdahale edebilmek için operatör tarafından el ile kumanda edilmesine imkan veren operatör masaları mevcuttur.

2.2.8. Soğutma Sistemi ve Refrakter

Yüksek fırında meydana gelen tepkimeler sonucu açığa ısı çıkmaktadır. Açığa çıkan bu ısı yanmanın gerçekleştiği tüyeler kısmında 1800 °C'ler de iken fırına malzemelerin girdiği fırın üstü bölgede ise 200 °C civarındadır. Sıcak havanın üretildiği sobalar bölgesinde ise 1250 °C civarındadır. Sıcaklığa bu kadar maruz kalan bu kritik bölgelerin soğutulması gerekmektedir.

2.2.8.1. Fırın Gövde Soğutması

Yüksek fırın gövdesi kalın çelik sactan imal edilmiştir. Sacın fırın içi kısımlarına fırın içerisinde meydana gelen sıcaklığın zarar vermemesi adına farklı kalitelere ve kalınlıkları 1,5 m.'yi bulan refrakter tuğlalar örülmektedir. Bu tuğlaları soğutmak ve ömrünü artırmak, plaka soğutucular veya panel soğutucular ile sağlanmaktadır. Soğutucularda soğutma için su kullanılmaktadır. Soğutma suyu soğutucunun bir bölgesinden girer, soğutucu içerisindeki kanallarda dolaşır ve soğutucuyu terk eder. Böylelikle soğutucu adedi ve tipi farklılık göstermektedir.

2.2.8.2. Tüyerler ve Cüruf Deliği

Fırın içerisinde sıcak hava girişleri tüyerler ile sağlanmaktadır. Fırın çapına göre sayıları değişmektedir. Tüyerler bölgesinden fırına giren sıcak havanın karbon ile tepkimesi sonucunda ortama yayılan ısı oldukça yüksektir. Bunun sonucunda tüyerlerin ısıdan etkilenmemesi adına iletkenliği yüksek olan bakır malzemeden imal edilir ve soğutma işlemi su ile yapılır. Tüyerlerin, panel veya plaka tipi soğutucular gibi herhangi bir refrakter ile ısıdan korunamadıkları ve yüksek fırının en sıcak kısmında ısıya maruz kalmaları sebebi ile kalitelerinin çok yüksek olması gerekmektedir.

2.2.8.3. Gaz Soğutma Sistemi

Yüksek fırın içerisinde tepkimeler sonucu meydana gelen gaz yüksek fırından tahliye edilirken sıcaklığı (150-200)°C civarındadır. Yüksek fırından tahliye edilen gaz, fırına şarj edilen hammadde içerisindeki ince yapılı malzemeleri de beraberinde transfer eder. Kalorisi 750-800 kcal/Nm³ olan bu gaz, gaz temizleme ünitesinde temizlendikten sonra fabrikanın çeşitli tesislerinde yakıt olarak kullanılır.

2.2.8.4. Refrakter

Yüksek fırının en önemli malzemelerinden birisidir. Refrakterin görevi fırın sacını içeride reaksiyonlar sonucu açığa çıkan ısıdan korumaktır. Yüksek fırında kullanılan

refrakterlerin değişimi reline (genel bakım) zamanlarında yapılır. Fırın içerisinde her bir bölümün farklı karakteristik yapısı olduğu için her bir bölmenin aşınma dirençleri farklılık göstermektedir. Fırında refrakterler belirli bölgelerde tek başına kullanıldığı gibi sandviç tip olarakta adlandırılan bir kaç çeşit refrakterin birleşiminden de meydana gelebilirler.

BÖLÜM 3

ENDÜSTRİYEL TESİSLERDE TOZ TOPLAMA SİSTEMLERİ

Hammaddelerin veya yarı işlenmiş mamüllerin kullanıma hazır hale getirilmesine sanayi (endüstri) denir. Endüstriyel tesis ise sanayi alanında faaliyet gösteren iş yerlerine ait üretim tesisleridir.

Toz toplama sistemleri; endüstriyel tesislerde, plastik, kağıt imalatı, gıda, ambalaj, ilaç, metal işleme, seramik tesisleri, demir çelik, çimento vb. üretimin yapıldığı işletmeden çıkan tozların ve gazların lokal veya merkezi olarak bir üniteye toplanması ve filtrasyondan geçirildikten sonra temiz havanın atmosfere salınması işidir.

Filtre seçimi ise üretim yapılan tesislerde ortaya çıkan ve ortamdaki uzaklaştırılması istenen tozun tanecik boyutuna, cinsine, yoğunluğuna, kütleli ağırlığına vb. gibi kriterlere bağlı olarak yapılmaktadır. Bu parametreler çerçevesinde toz toplama sistemleri; torbalı jet pulse filtre, siklon (santrifüj) filtre, sulu tip filtre, titreşim motorlu filtre, yağ buharı - yağ dumanı filtresi, mobil filtre, ve prosese özel imal edilen filtreler vb. gibi çeşitlilik göstermektedir. Doğru mühendislik tasarımı, projelendirme ve uygulama ile birlikte maksimum verimlilikte tozsuzlaştırmalar sağlanmaktadır.

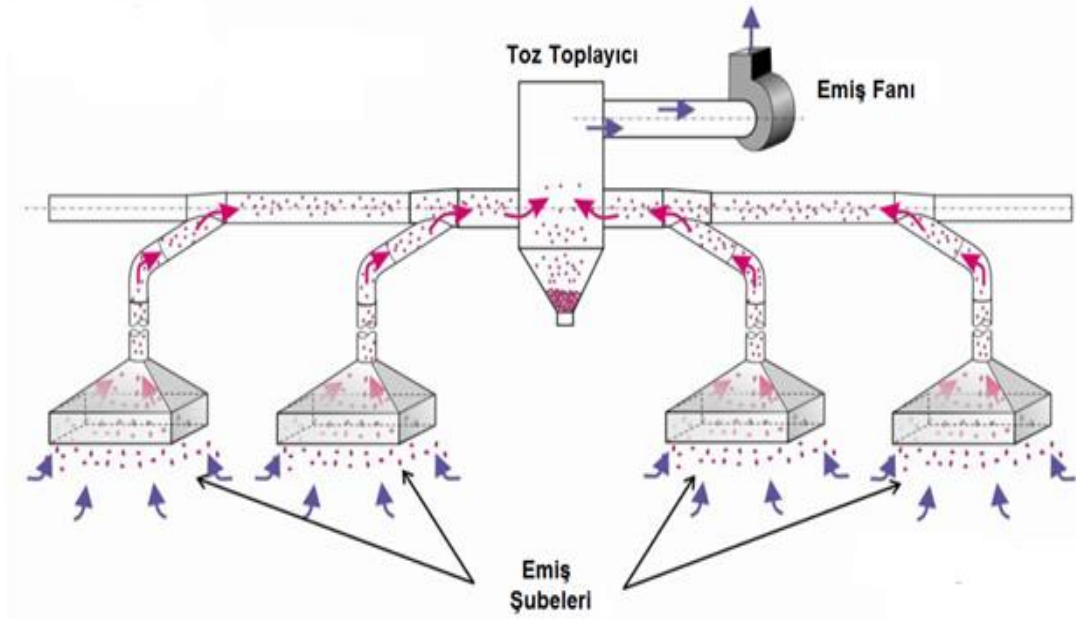
3.1. TORBALI (JET PULSE) FİLTRE

Torbalı tip toz toplama üniteleri, üretim aşamasında veya daha sonrasında aktarma, dolum, boşaltım, vb. işlemler sırasında ortamda oluşan gaz veya tozları, fan kullanılarak oluşturulan eksi basınç (vakum) ile ortamdaki tozları ve filtreleme ekipmanları olan torbalarda filtreleyerek temiz havadan tozları ayırır.

Ortamdan toplanan tozlar, toz toplama kanalları ile filtre ünitesi içerisine taşınır. Hava akış yönü fanın oluşturduğu eksi basınçtan dolayı fan yönünde olup, kirli hava, filtre ünitesinin içerisindeki filtreleme ekipmanı olan torbaların dış yüzeyinde filtrelenerek tozdan arındırılmış temiz havanın fana ulaşması sağlanmaktadır. Bu sayede tozlu hava toz toplama kanalları ile filtre ünitesi içerisine doğru hareket ederken torbaların dış yüzeyinde filtreledikten sonra tozlar filtre ünitesi içerisinde hapsolmektedir. Filtre ünitesi içerisinde filtre ekipmanı olan torbalarda tozlu hava filtrelenerek temiz hava tozdan arındırılır. Daha sonrasında temiz hava atmosfere veya bulunduğu ortama tekrar salınır.

Torbanın dış yüzeyine tutunan tozlar, timer ile zamanlaması ayarlanan selenoid ve patlaç valflerin filtreleme yönüne ters yönde basınçlı hava püskürtmesiyle filtre ünitesinin altındaki bunkere dökülmektedir. Bunkerde toplanan tozlar ise big bağ, konveyör, kova, vb. ekipmanlar ile sistemden uzaklaştırılmaktadır.

Filtreleme işlemi sonucunda temiz hava atmosfer veya bulunduğu ortama salınır, tozlar ise tesisin durumuna göre transfer edilir. Filtreler, tesisten çıkan tozun, yapısına, tanecik boyutuna, sıcaklığına, yoğunluğu vb. kriterler dikkate alınarak tasarlanır. Şekil 3.1'de toz toplama ünitesinin şematik gösterimi verilmiştir.

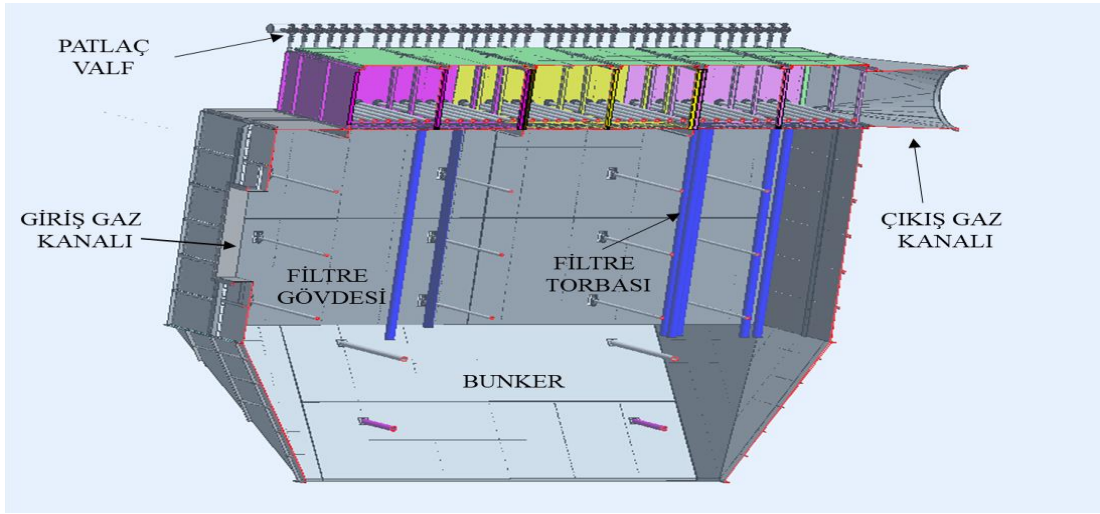


Şekil 3.1. Toz toplama ünitesinin şematik gösterimi [27].

3.1.1 Online Filtre

Online torbalı filtre sisteminde, ortamda bulunan tozlar toz toplama kanalları vasıtası ile filtre ünitesi içerisine taşınır. Filtre ünitesi içerisindeki torbalar kullanılarak hava tozdan arındırılmaya devam ederken, torbaların sıra ile temizlendiği sistemlerdir.

Tozların tutulması işlemi torbaların dış kısmında gerçekleştiği için torba yüzeylerinin geçirgenliği zamanla azalmaktadır. Torba geçirgenliğinin takibi filtre ünitesinin kirli ve temiz gaz kanalları arasındaki diferansiyel (fark) basınç kontrol ekipmanları kullanılarak yapılır. Kirli ve temiz gaz kanalları arasındaki basınç farkının artması durumunda torbaların geçirgenliği azalır, torbaların iç kısmına kısa süreli (0.1-0.15 s.) ve filtreleme yönü tersine olacak şekilde basınçlı hava püskürtülerek torbaların temizlenmesi ve basınç farkının düşürülmesi sağlanmaktadır. Şekil 3.2’de online toz toplama filtresi kesit gösterimi verilmiştir.

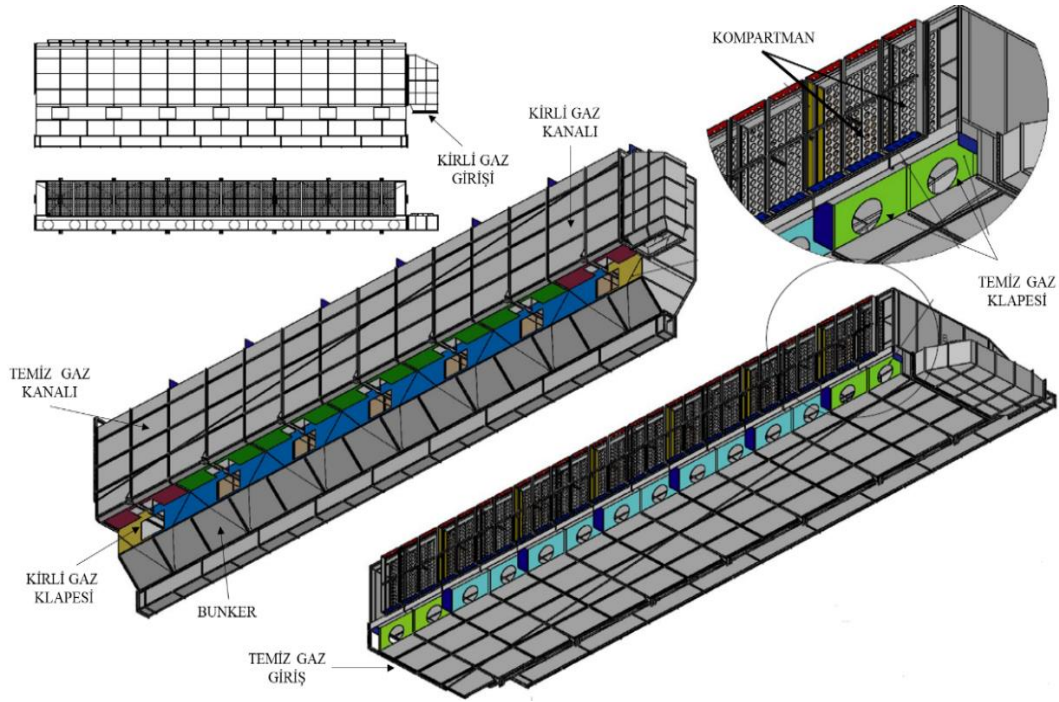


Şekil 3.2. Online toz toplama filtresi kesit görünüşünün şematik gösterimi

3.1.2. Offline Filtre

Çalışma prensibi olarak online filtre ile benzerlik göstermektedir. Offline filtre her biri online filtre prensibi ile çalışan kompartımanlardan oluşmaktadır. Ortamdan gaz kanalları ile toplanan kirli gaz, her biri kompartımanlara ayrılmış filtre ünitesine kirli gaz klapelerinden giriş yaparak filtrasyon işlemine tabi tutulmaktadır. Daha sonrasında torbalarda filtrasyon işleminden geçen gaz, filtre torbalarının üst kısmında bulunan

temiz gaz klepesinden geçirilerek temiz havanın fan ulaşması ve daha sonrasında bacadan atmosfere gönderildiği sistemdir. Filtre ünitesine giriş ve çıkışta, kirli hava ile temiz havanın birbirini ile karışmaması adına ayrıldığı gaz kanalı bulunmaktadır. Offline filtrelerde filtrasyon ekipmanlarının (torba) temizlik işlemi, sırayla her bir bölmenin (kompartıman) kirli ve temiz gaz klapeleri kapatılarak filtre sisteminden izole edilir. Sonrasında izole bölümün içerisindeki torbalar basınçlı hava ile temizlendikten sonra kompartımanın klepeler açılır ve filtrasyon işlemi devam eder. Toz toplama ünitelerinde offline temizleme yöntemi, akışkanlaştırmanın gerçekleşmesinin ayrı bir olasılık olduğu ince ve çok hafif tozlar için uygundur. Offline torbalı filtreler genellikle çok büyük gaz hacimleri (kapasiteler) için kullanılır [28]. Şekil 3.3'te offline toz toplama sisteminin şematik gösterimi verilmiştir.

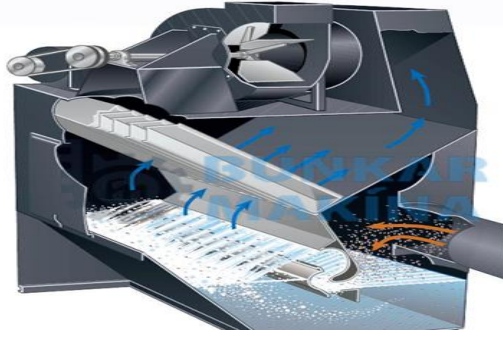


Şekil 3.3.Offline toz toplama sistemi şematik gösterimi

3.2. SULU FİLTRE

Sulu (Tip) Filtre, baca gazı ve atık gazların açığa çıktığı sistemlerde, çevreyi kirletici partikülleri yıkayarak filtreleme prensibine göre çalışmaktadır. Çevreye atılan baca gazı emisyonunu düşürerek, hem doğanın hem de yakın çevrenin kirlenmesini ve rahatsız olmasını engellemektedir. Sulu filtre ünitesinin içerisinde emilen baca gazı,

sprey kapasitesi yüksek nozullarla yıkanır; su ile temas eden karbon partikülleri, katı ve sıvı yemek yağları ve yemek kokuları havuzda çökertilerek atmosfere filtrelenmiş hava salınmaktadır. Restoran, pastane gibi yemek yapılan yerlerin dışında, hastane, okul, iş yeri gibi yerlerde sıklıkla tercih edilmektedir. Sulu tip filtrelerin genel ekipmanları, suyun devir daim yapıldığı pompa, baca ve atık gazın vakum yapılması için aspiratör, yıkama nozulları, damlacıkların tutulması için damla tutucu filtrelerden oluşmaktadır. Şekil 3.4’de sulu tip bir filtrenin şematik gösterimi verilmiştir.

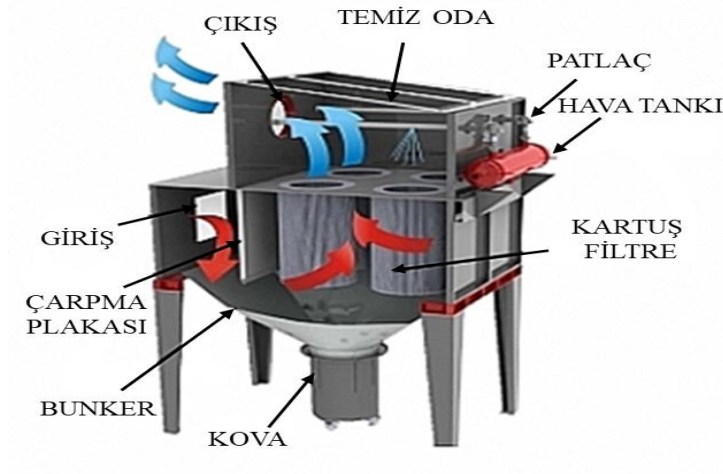


Şekil 3.4. Sulu (tip) filtre şematik gösterimi [29].

3.3. KARTUŞ FİLTRE

Jet pulse kartuş filtreler, toz yoğunluğu yüksek olmayan işletmelerde tercih edilen filtre ekipmanlarıdır. Kullanım alanları; gıda, ilaç, kimya, plastik, metal, boya, seramik sanayi, çimento, maden, savunma sanayi, ahşap sanayi gibi sektörlerdir. Özellikle bu sektörlerde çok yoğun bir şekilde tercih edilmektedir. Bu filtreler aslında toz toplama sistemleri arasında yer alan torbalı filtreler ile aynı işlevi görmektedir. Sadece filtrasyon malzemesi olarak torba yerine kartuşlar kullanılmaktadır. Tozun cinsine ve yapısına bağlı olarak farklı özelliklerde çeşitleri bulunmaktadır. Torba filtrelerine kıyasla birim adet başına düşen filtreleme yüzey alanları çok daha fazladır. Bu da sıklıkla tercih edilmesinde önemli bir sebeptir. Tozun cinsine, yapısına ve öne çıkan özelliklerine göre doğru kartuş seçimi oldukça önemlidir. Çünkü yanlış kartuş seçimi yapıldığında olumsuz durumlarla karşılaşılabilir veya filtrenin yanlış çalışmasına sebep olunabilir. Bu yüzden uygun kartuş filtre seçilmesi büyük önem taşımaktadır. Kuru ve yağsız olan endüstriyel üretim yapan fabrikalarda kullanılmak üzere

tasarlanan ve imal edilen jet pulse kartuş filtreler, birçok işletmenin yaygın olarak kullandığı filtreler arasındadır. Şekil 3.5’de kartuş filtre şematik gösterimi verilmiştir.



Şekil 3.5. Kartuş filtre şematik gösterimi [30].

3.4. MOBİL FİLTRE

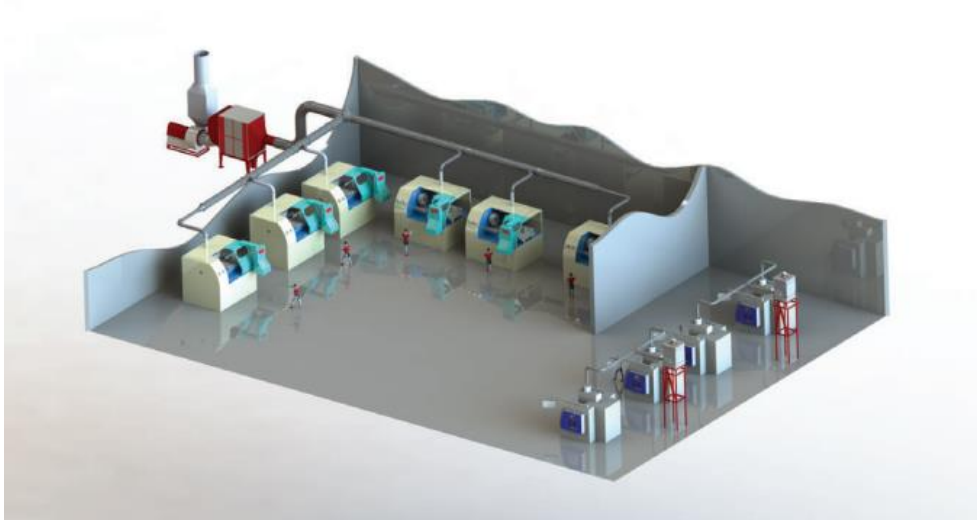
Mobil filtre üniteleri, tek veya çift toz toplama borusu olacak şekilde dizayn edilmektedir. Flexible emiş toz toplama boruları sayesinde farklı noktalardaki toz kaynaklarının emilimine kolay çözüm sunmaktadır. Mobil filtrelerde ön filtre ve ana filtre olacak şekilde iki aşamalı filtrasyon işlemi yapılmaktadır. Ön filtrelemede emiş yapılan tozun içerisindeki kaba ve iri tanecikli partiküller tutulur. Daha sonra ana filtrelemede %99,9’a kadar ulaşan verimle havadan toz veya gaz arındırılır ve hava tekrar çalışma ortamına verilir. Kaynak dumanı, lehim gazı, polisaj parçacıkları, çeşitli gazlar vb. tozları temizlemek için çözüm sağlayan filtre ekipmanıdır [31]. Şekil 3.6’da mobil toz toplama ünitesi görseli verilmiştir.



Şekil 3.6. Mobil toz toplama ünitesi görseli

3.5. YAĞ BUHARI VE YAĞ DUMANI FİLTRESİ

Yağ buharı filtre üniteleri, talaşlı imalat (torna, freze, vb.), metal işleme gibi sektörlerde kullanılan tezgahlarda oluşan yağ buharını filtrelemek için kullanılan ekipmanlardır. Tezgahlarda imalat aşamasında ortaya çıkan yağ buharı; kapalı kabine sahip tezgahlar üzerinde hazır bulunan emiş noktalarından, kabinsiz açık tezgahlardan ise davlumbaz olarak adlandırılan özel tasarlanmış emiş aparatlar ile toplanır. Filtre ünitesine uygun taşıma kanalları ile taşınır. Filtre ünitesinde yağ buharından arındırılarak uygun emisyon değerlerine getirilen hava, çalışma ortamına veya atmosfere salınır. Filtrelenerek süzülen yağlar ise bir tanka depolanarak yeniden kullanılabilir. Bu sayede yağ geri kazanımı sağlanır. Şekil 3.7’de şematik gösterimde de görüldüğü üzere, her bir tezgah için ayrı ayrı olarak uygulanabildiği gibi, merkezi yada hücresel olarakta dizayn edilebilir.



Şekil 3.7. Lokal ve merkezi yağ buharı filtre ünitesi şematik gösterimi [32].

3.6. TİTREŞİM MOTORLU FİLTRE

Titreşim motorlu filtreler silo üstü filtre olarakta adlandırılırlar ve genellikle bunkersiz olarak imal edilirler. Malzeme transferi pnömatik olarak yapılan (silobas veya pnömatik gönderici) ve bunker veya silonun dolum sırasında içerisinde biriken basıncı atmosfere tozsuz bir şekilde tahliye etmek için kullanılırlar. Filtre gövdeleri direk olarak bunker veya siloya montajlanır. Silo veya bunker içerisine gelen hava ve

malzeme karışımı filtrelenerek birbirinden ayrılır, filtrelenen malzeme ve tozu tekrar silo içerisine dökülürken hava atmosfere tahliye edilir. Silo veya bunker içerisine pnömatik taşıma ile malzeme doldurulurken, titreşimli filtrenin kaset tipi filtre elemanlarından taşıma havası geçer. Toz ve malzeme filtrelerde tutulur, temizlenen taşıma havası atmosfere atılır. Filtre ünitesinin üst bölümünde montajlanan titreşim motoru, filtreleme elemanlarının bulunduğu şaseyi sallar ve bunun sonucunda filtreleme yüzeyine tutunan toz ve partiküllerin tekrar silo içerisine dökülmesini sağlar. Titreşim ekipmanları ve filtre sistemi, atmosfer ve ortam şartlarına dayanıklı koruma muhafazası içerisinde bulunmaktadır.

Silo üstü filtre olarak adlandırılan titreşim motorlu filtrelerin kullanım alanları; silo dolun, silobas boşaltma, pnömatik taşıma sistemleri, çimento ve beton santrali fabrikaları vb. boşaltım ve dolun yapılan endüstriyel tesislerdir.

3.7. SIKLON (SANTRİFÜJ) FİLTRE

Tozlu ortamdaki iri tanecikli partikülleri tutmak için siklon (santrifüj) filtre kullanılır. Siklon filtreler, çalışma prensipleri ve yapıları gereği ince tanecikli tozlarda çalışmaya uygun değildirler. Toz yükünün fazla olduğu toz toplama sistemlerinde siklon filtreler, filtre öncesi birinci kademe toz tutucu olarak görev yaparak filtreye gelen toz yükünü azaltırlar. Siklon filtre yardımı ile ana filtre ünitesinin daha verimli kullanması sağlanmaktadır.

Siklon filtreye giren parçacık- gaz karışımı 360 döndürülür, oluşan santrifüj kuvvetiyle havadan ağır parçacıklar ve tozlar siklonun iç çeperine savrulur. Merkeze yakın kısımlarda hava ikinci bir girdap oluşturur. Parçacıklar ve tozlar çeperden siklonun altında huni kısmına dökülürken hava, orta kısımdan yukarıya doğru yükselerek çıkış ağzından siklonu terk eder. Siklonun alt kısmına montajlanan motorlu hava kilidi ile havadan ayrılmış katı parçacıklar aşağı dökülür. Siklon, merkez kaç kuvvetinin etkisi ile karışım halindeki katı parçacık ve gazı birbirinden ayıran sistemdir.

Uygun bir siklonun seçimi birtakım faktörlere bağlıdır. Bu faktörlerin başında havadan veya gazdan ayrıştırılması istenen katı taneciklerin tane dağılımı ve boyutları

gelmektedir. Tanecik yapısı büyük olan malzemeler için siklon kullanılabilir fakat tanecik yapısı küçük toz halindeki malzemeler için siklon yeterli olmayabilir. Bu gibi durumlarda torbalı veya kartuş tip filtre sistemleri kullanılmalıdır. Eğer filtrelenecek karışım geniş bir tane dağılımına sahip malzeme ise önce siklon filtreden geçirilerek içerisinde büyük tanecik yapısına sahip malzemeler tutulur ve daha sonra siklondan çıkan tozlu karışımın filtreye verilerek filtreleme veriminin artması sağlanır.

BÖLÜM 4

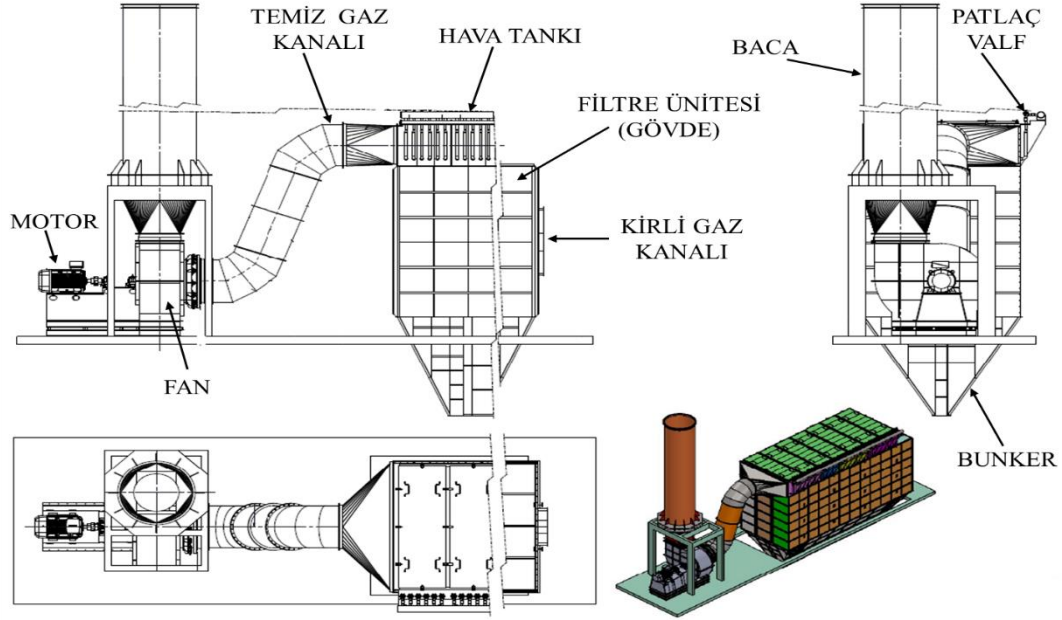
TORBALI (JET PULSE) FİLTRE SİSTEMİ VE EKİPMANLARI

Torbali (jet pulse) filtreler toz yoğunluğu fazla olan üretim esnasında ortaya çıkan toz veya dumanın hava emişi ile çalışma ortamından toplanarak filtre edilmesini sağlayan çevreci makine ekipmanlarının başında gelmektedir. Kaynaktan fan yardımı ve tesisat aracılığı ile emilen tozlu hava, jet pulse filtreleme ünitesine girmektedir. Burada önemli olan tozu kaynağından ve uygun hızlarda toz toplama kanalları ile filtreleme ünitesine taşımaktır. Hızı yavaşlatılan toz, prosese göre seçilen torba tipi filtrelerde tutulur. Torba filtrelerinin ömrünü uzatabilmek için sisteme özel hız kesici ekipmanlar konulmalıdır. Düşük hızda torbalara gelen toz, torbaları yıpratmayacağı gibi aynı zamanda torbaların ömrünü de uzatmada etkili olmaktadır. Kirlenen torbalar zaman zaman kontrol ünitesine bağlı valflerin açılıp filtreleme akışına ters yönde torbaların içerisine anlık basınçlı hava üflemesiyle temizlenir.

Kafes ve ventüriler ile bağlantılı olan torbalar ani şoklama sırasında filtre ünitesi içerisine düşmez veya deforme olmazlar. Ani şoklama yöntemi ile temizlenen torbaların üzerindeki toz partikülleri filtrenin alt kısmında bulunan bunkerde toplanmaktadır. Bunkerde toplanan tozlar tercihe göre, manuel veya otomatik yöntemlerle toz toplama ünitesinden uzaklaştırılır. Fan temizleme öncesi ve sonrası tozdan etkilenmez ve filtreleme sonrası emisyon ölçüm standartlarına getirilen temiz havayı baca ile atmosfere tahliye eder.

Toz partiküllerinin kuru olarak ayrıştırılması için veya hammadde olan tozların akış havasından ayrıştırılması ve prosese geri kazandırılması için kullanılan filtreler, çeşitli endüstriyel tesislerde sıklıkla kullanılmaktadır. Filtreleme işleminden sonra baca çıkışında emisyon değeri ilgili yönetmeliğin sınır değerlerinden fazla olmamalıdır. Torbali tip filtreleme ekipmanları, çimento endüstrisi, metalürji, gübre, kereste, maden, cam imalatı, dökümhaneler, otomotiv, tekstil, kimya, gıda, ilaç, enerji

santralleri, atık yakma işlemlerinde, atık depolamada vb. birçok üretim tesisinde tercih edilmektedir. Şekil 4.1’de torbalı (jet pulse) bir filtre ünitesi ve ekipmanlarının şematik gösterimi verilmiştir.

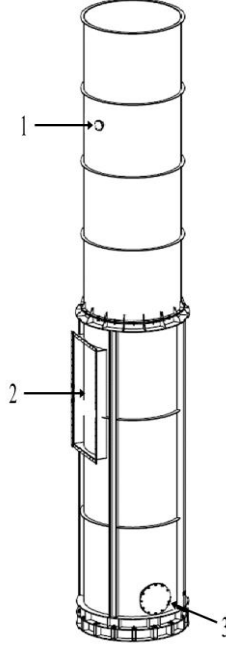


Şekil 4.1. Torbalı (jet pulse) filtre ve ekipmanlarının şematik gösterimi.

4.1. BACA

Baca, endüstriyel tesislerde üretim sırasında ortaya çıkan toz veya gazların fan yardımı ile ortamdan toplanarak filtreleme işleminden geçirilip temiz havanın toz ve gazlardan arındırıldıktan sonra atmosfere salındığı ekipmana denir. Toz toplama ünitelerinde kullanılan baca ekipmanlarında, ortama salınan gaz veya havanın emisyon değerlerinin ölçülebilmesi için “prope delikleri” (poz 1), fan yardımı ile ortamdan toplanan gaz veya tozların filtreleme işleminden sonra dışarıya atılabilmesi için baca giriş kanalı (poz 2) ve arıza veya bakım yapılabilmesi için menhol “bakım kapağı” (poz 3) bulunmalıdır. Toz toplama sistemlerinde baca tasarımı, “endüstri tesislerinden kaynaklanan hava kirliliğinin kontrolü yönetmeliği” dikkate alınarak yapılmalıdır. Düz baca veya kanalın uzunluğu, baca çapının 7 katı ve numune alma düzlemi baca çapının 5 katı düzlem seçilmelidir. Eğer kanal veya baca söz konusu düz hat sonunda atmosfere açılıyorsa, baca çıkışına olan mesafe baca çapının 5 katı kadar olması

gerekmektedir [33]. Şekil 4.2’de torbalı bir filtre sisteminde kullanılan bacaların şematik gösterimi verilmiştir.



Şekil 4.2. Torbalı filtre sisteminde baca ekipmanının şematik gösterimi.

4.2. FAN

Fan, endüstriyel tesislerde torbalı filtre sistemleri için kritik ekipmanlardan biridir. Fanlar bir sistem boyunca havanın hareketini sağlarlar. Toz toplama sistemi tasarımında, havanın debisi ve basıncını etkileyen en önemli faktör fanın özellikleridir. Toz toplama sistemlerinde fanlar havayı basma veya emme yönünde yerleştirilebilirler. İki temel fan tipi vardır. Bunlar radyal (santrifüj) akışlı ve aksiyel (aksiyal) akışlı fanlardır. Kullanım alanlarına göre farklılık göstermektedirler.

4.2.1. Aksiyel (Aksiyal) Akışlı Fanlar

Hava akışının fana aksiyel olarak girdiği ve fan eksenine paralel olarak devam ettiği tip fanlardır. Akışa karşı direncin düşük olduğu sistemlerde kullanılırlar. Düşük basınç sınıfı (0-500 Pa) ve yüksek hava debilerine (10.000-150.000 m³/h) sahip sistemler için

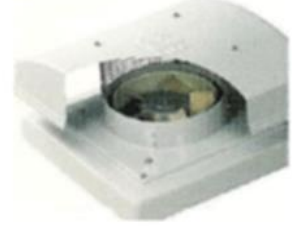
uygundur. Kullanım yerine göre, duvar, çatı ve kanal tipi gövde yapılarına sahiptirler. Şekil 4.3’de kullanım tiplerine göre aksiyel (aksiyal) akışlı fanların görseli verilmiştir.



DUVAR TİPİ



KANAL TİPİ

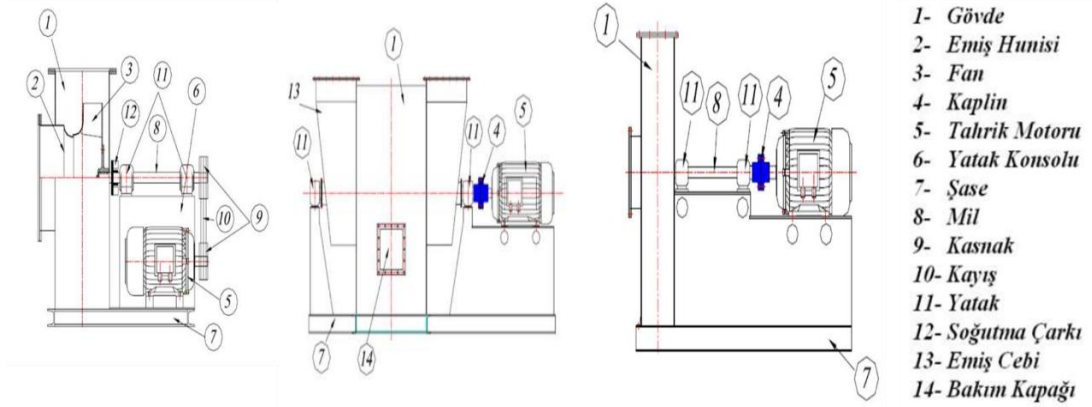


ÇATI TİPİ

Şekil 4.3. Kullanım tiplerine göre aksiyel (aksiyal) akışlı fanların görseli [34].

4.2.2. Radyal (Santrifüj) Akışlı Fanlar

Temel olarak iki kısımdan oluşmaktadır. Dönen ekipman rotor ve hava akımının toplanıp fan çıkışına yönlendirildiği salyangoz kısımlarından oluşmaktadır. Radyal bir fanda hava, rotorun eksenine paralel bir şekilde emilip, aksiyel fanlardan farklı olarak rotorun radyal doğrultusunda fandan çıkış yapmaktadır. Rotorun döndürülmesiyle oluşan negatif basınç (vakum), ortamdaki tozlu hava veya gazın emilmesini sağlamaktadır. Radyal fanların; geniş uygulama aralığının olması, korozif, yüksek sıcaklık ve aşındırıcı ortamlarda uygulanabilirliği, direkt tahrikli olan aksiyel (aksiyal) fanlara göre tahrik sistemine daha kolay müdahale edilebilmesi, değişken akış direncine sahip sistemlerde daha sessiz ve verimli olarak çalışıyor olabilmesi, yapısal olarak kararlılığının daha yüksek olması, yüksek basınç ve debilerde çalışabiliyor olması diğer fan çeşitlerine göre avantajları olarak sıralanır. Radyal fanları tahrik etmek için kullanılan motorları, tahrik türlerine göre 2 grup olarak (doğrudan tahrik veya kayış kasnak ve kavrama) adlandırabiliriz. Şekil 4.4’de kayış-kasnak, kaplin tahrikli, tek ve çift emişli radyal fanların şematik gösterimi verilmiştir.



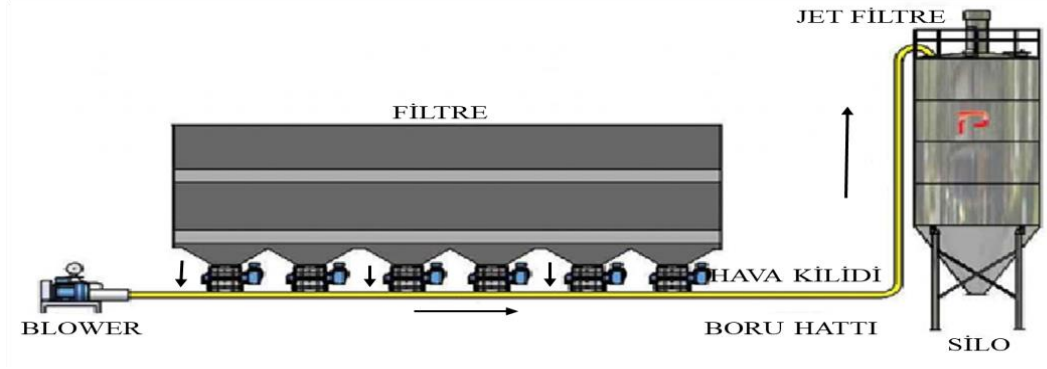
Şekil 4.4. Kaplin tahrikli, kayış-kasnak, tek ve çift emişli radyal fan şematik gösterimi [35].

4.3. TOZ TAŞIMA SİSTEMİ

Torbalı filtre toz toplama sistemlerinde gaz kanalları ile gelen toz, öncelikle geniş hacimli bir odaya (filtre ünitesi) girer ve büyük bir türbülans ile ağır partiküller aşağı doğru hareket eder ve toz bunkerine iner. Daha sonra ünite içerisindeki tozlu hava torbalara yönelir ve torbalarda filtreleme işlemi yapılır. Burada torba dış yüzeyinde biriken toz ve toz kekleri, filtreleme yönünün tersi yönde basınçlı hava ile temizleme işlemi yapılarak torba yüzeyi temizlenir. Torbanın dış yüzeyindeki toz ve toz kekleri bu temizleme işlemi sonrasında filtrenin alt kısmında bulunan toz bunkerlerine iner. Torbalı filtre ünitesi bunkerlerinde toplanan tozlar, filtre tozlarının yoğunluk ve kapasitelerine göre doğrudan taşınabilir big-bag çuvallar, vidalı konveyörler veya pnömatik toz taşıma sistemleri ile toz silolarına buradan da silobus veya kamyonlar ile filtre ünitesinden taşınabilir.

Filtre ünitesi altındaki bunkerlerde biriken tozlar, pnömatik toz taşıma yönteminde hava körüğü (blower) yardımıyla toz silosuna taşır. Siloya taşıma işleminde bunkerin alt kısmında bulunan klape açılır besleme kabına toz aktarılır. Daha sonrasında besleme kabına alınan toz, valf yardımıyla pnömatik toz nakil hattına aktarılır ve blower yardımı ile toz silosuna transferi gerçekleştirilir. Toz, blower yardımı ile siloya transfer edilirken siloda artı basınç oluşmaması ve dışarı tozlu hava çıkmaması için silo üzerinde jet filtre (silo üstü filtre) kullanılır. Siloya transfer edilen tozlar, pugmill (çift milli nemlendirme helezonu) veya dolmuş körüğü yardımı ile kamyon veya

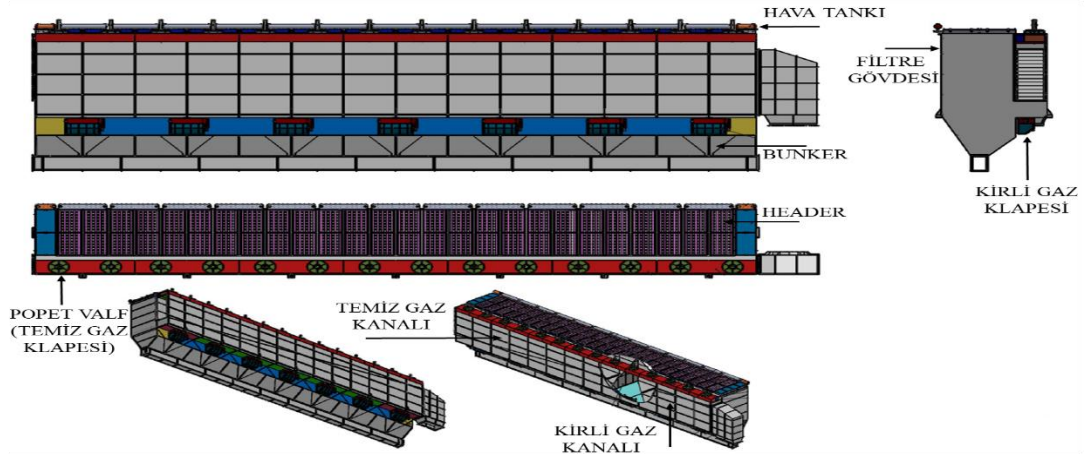
silobalara yüklenerek atık sahası veya tekrar hammadde olarak kullanılmak üzere hammadde sahasına transfer edilir. Şekil 4.5’de toz toplama sistemlerinde pnömatik toz nakil hattı şematik gösterimi verilmiştir.



Şekil 8 Toz toplama sistemlerinde pnömatik toz nakil hattı şematik gösterimi [36].

4.4. GÖVDE

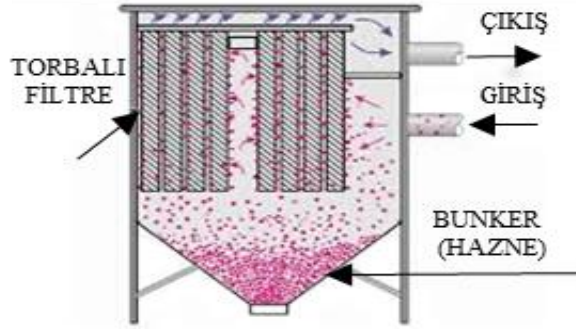
Torbali sistem toz toplama ünitelerinde filtrasyonun ekipmanlarının bulunduğu bölümdür. Torbali (jet pulse) filtre ünitelerinde gövde; bunker, header (torba, ventüri ve kafaslerin bağlantısının yapıldığı kısım), hava tankı ve filtre ünitesinin sınırlarının belirlendiği çerçeve (gövde) kısımlarından oluşmaktadır. Offline torbali (jet pulse) filtrelerde, online torbali (jet pulse) filtrelerden farklı olarak her bir bölmenin (kompartımanın) kirli gaz ve temiz gaz kanalları ile bağlantıları bulunmaktadır. Şekil 4.6’da offline torbali filtre sistemi gövdesinin şematik gösterimi verilmiştir.



Şekil 9 Offline torbali filtre sistemi gövdesinin şematik gösterimi.

4.4.1. Bunker

Torbali filtre sistemi, kirli havayı filtre torbalarından geçirerek havayı içerisindeki partiküllerden temizler. Temizlenen hava baca ile atmosfere veya ortama tekrar salınırken toz partikülleri filtre ünitesinin alt kısmında bulunan bunker bölümünde birikir. Şekil 4.7’de filtre ünitesi içerisindeki bunker bölümünün şematik gösterimi verilmiştir. Torba yüzeylerine tutunan tozlar ve partiküller ise temizleme yöntemlerinden (jet pulse, mekanik titerşim vb.) biri kullanılarak torbalar temizlenir. Toplanan tozlar daha sonra bunkerin altında bulunan tahliye valfi aracılığıyla filtre ünitesinden tahliye edilir.

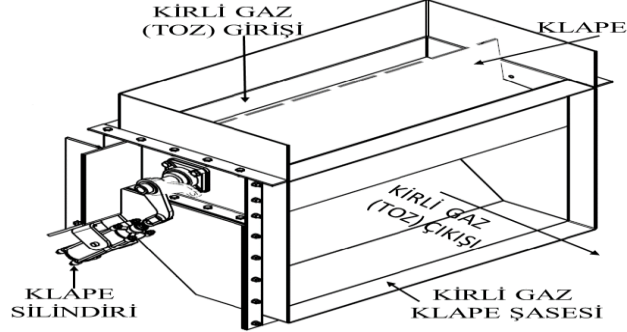


Şekil 10 Bunker şematik gösterimi [37].

4.4.2. Kirli Gaz Klapesi

Torbali sistem offline toz toplama ünitelerinde ortamdan emilen toz, gaz vb. partiküller gaz kanalı ile filtre ünitesine giriş yaparak filtrasyon işlemine tabi tutulur. Online sistemden offline sisteme geçişte gaz kanalı temiz ve kirli gaz kanalı olarak birbirinden ayrılır. Online sistemde gövde bir bütün olarak çalışırken offline sistemde gövde kompartımanlara (kamaraya) bölünür ve her bir kamaraya birbirinden bağımsız olarak çalışır. Ortamdan emilen toz partikülleri birbirinden ayrılan gaz kanallarından (kirli ve temiz) kirli gaz kanalına gelir ve burada kirli gaz damperi açılarak ilgili kamaraya alınır ve filtrasyon işlemi gerçekleşir. Kirli gaz damperleri offline filtre sistemlerinde kapalı pozisyona alındıklarında ilgili kamarada filtrasyon işlemi gerçekleşmemektedir. Bu durumda filtreleme akış yönü tersinde basınçlı hava kullanılarak torbaların

temizleme işlemleri yapılmaktadır. Şekil 4.8’de kirli gaz klapesinin şematik gösterimi verilmiştir.



Şekil 11 Kirli gaz klapesi şematik gösterimi.

4.4.3. Gaz (Toz Toplama) Kanalı

Gaz kanalları; ortamda bulunan gazları (tozlu, kirli hava vb.) filtre ünitesine taşımada kullanılan toz toplama kanalları ve filtre ünitesinde filtrelendikten sonra temiz havanın ortamdaki tahliye eden gaz kanalları (filtre-fan arası ve fan-baca arası) olarak iki kısımda incelenmektedir. Kirli gaz kanallarının kullanılma amacı; davlumbazlar ve emiş ağızları ile kirliliğin merkezinden doğrudan emilen tozlu havanın doğru hız ve debilerde filtreleme ünitesine taşınmasını sağlamaktır. Herhangi bir kirletici kaynağından toplanan kirli gaz, uygun kalınlık ve çaplarda tasarlanan kirli gaz kanalları ile filtreye taşınır. Genellikle toz transferi için yuvarlak ve kendinden flanşlı toz toplama kanalları kullanılır. Çünkü;

- Hız, yuvarlak kanallarda diğer formlardaki kanallara göre daha düzenlidir, bu sebeple tanecik karakterli kirleticilerin çökme olasılığı daha düşüktür.
- Yuvarlak kanallar toz emiş sistemlerinde uygulanan yüksek statik basınçlara daha dayanıklıdır.

Eğer çalışma ortamının şartları, toz toplama kanallarının dikdörtgen şekilde bir form olmasını zorluyorsa, bu kanalların mümkün olduğu kadar kare kesite yakın olarak dizayn edilmesi gerekmektedir. Toz toplama kanallarında hava akımı için minimum taşıma hızı ifadesi kullanılmaktadır. Bu taşıma hızı kirli hava içerisindeki taneciklerin

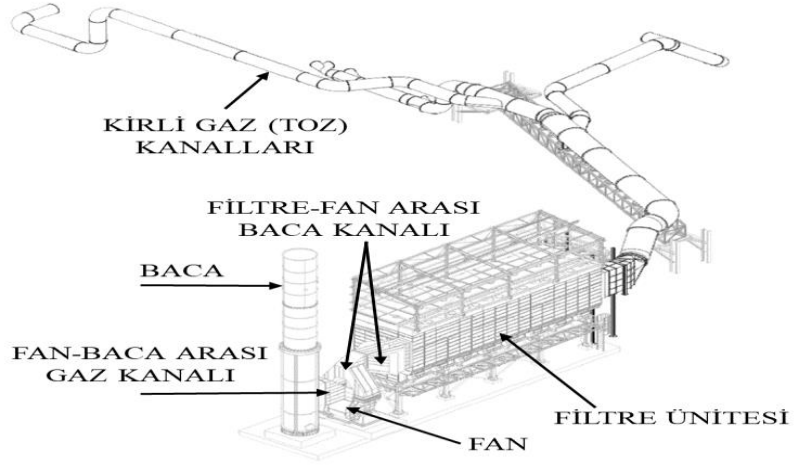
çökmeden taşınabilecekleri minimum hızdır. Kanal tasarım hızları, minimum taşıma hızından biraz daha yüksek alınabilir fakat taşıma hızları hiçbir zaman minimum taşıma hız değerinden daha aşağıda olmamalıdır. Çizelge 4.1’de tavsiye edilen kanal içerisindeki kirletici taşıma hızları esas alınarak kanal kesitleri belirlenmelidir.

- Seçilen debi ve hava hızına karşılık gelen düz kanal ve özel kanal kayıpları (redüksiyon, dirsek, birleşme vb.) hesaplanır.
- Toz toplama sistemlerinde toplam basınç kaybı, emiş ağızı basınç kaybı ve sistemde kullanıldı ise özel hava filtreleme sistemi basınç kayıpları da göz önüne alınarak hesaplanır.

Çizelge 4.1. Kirletici taşıma hızları [38].

Kirletici Cinsleri	Örnekler	Taşıma Hızı (m/s)
Buhar, gazlar, dumanlar	Bütün gazlar, dumanlar, buharlar	genellikle 5-10
Dumanlar	Kaynak	10-13
Çok ince hafif tozlar	Ağaç tozu, pamuk elyafı	13-15
Kuru Tozlar	Bakalit, ince lastik, hafif rende, pamuk, deri traşlama tozları	15-20
Ortalama Endüstriyel Tozlar	Kahve taneleri, granit tozu, ayakkabı tozu, seramik ve tuğla tozu, kaya tozu, asbest tozu, kireç tozu, döküm tozu	18-23
Ağır Tozlar	(Ağır ve ıslak) metal tozları, testere tozu, kumlama tozu, döküm işlemlerindeki toz, kurşun tozu, kesme tozu, dökme demir	20-23
Islak ve Ağır Tozlar	Islak çimento tozu, küçük parçalar halinde kurşun, yapışkan elyaf, boru kesme makinelerinde asbest parçaları	23 ve üzeri

Toz toplama kanallarında, kirli havanın kanal içinde mümkün olan en az direnç ve sürtünme kaybı oluşturacak şekilde dizayn edilmesi gerekmektedir. Bir kanal içerisinden geçen tozlu havanın debisi, kanal içerisindeki havanın hızına ve kanalın kesitine bağlıdır. Kirli havanın hızı çok düşük olması tozların kanal içinde çökelti oluşturmasına, birikmesine ve sonucunda kanalın tıkanmasına sebep olur. Hava hızı yüksek olduğunda ise enerji kullanımı artar, toz taneciklerinin kanal iç çeperini hızla aşındırmasına sebep olur ve gürültü problemleri ortaya çıkar.



Şekil 12 Kirli gaz, filtre-fan ve fan-baca arası gaz kanalları şematik gösterimi.

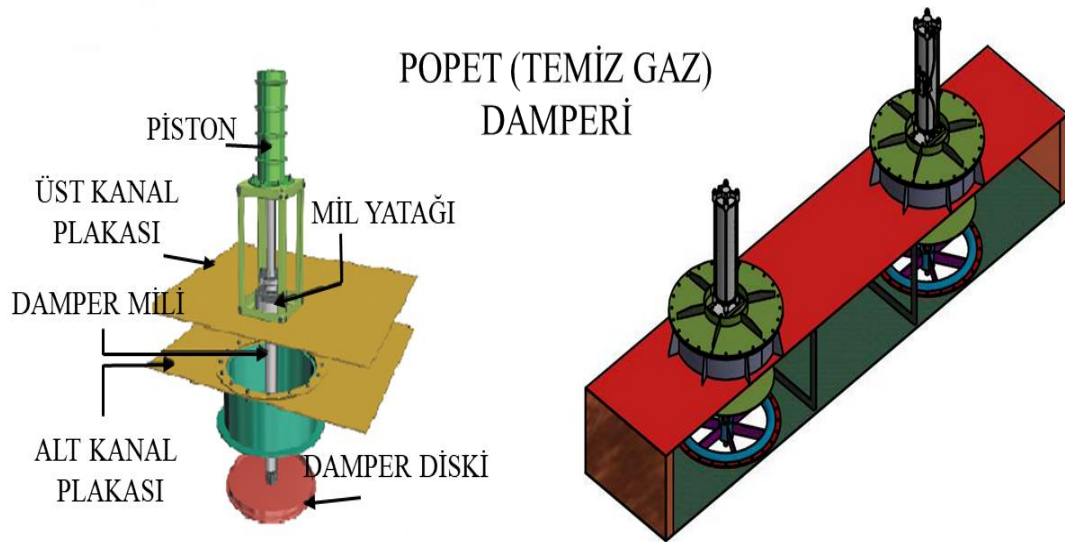


Şekil 13 400.000 m³/h kapasiteli online filtre gaz kanalları, fan, motor ve baca görseli.

4.4.4. Popet (Temiz Gaz) Klapesi

Torbalı tip toz toplama üniteleri online ve offline olarak 2 grupta tanımlanırlar. Offline filtrelerde filtre üniteleri, her biri online sistem olarak çalışan birbirinden bağımsız kompartıman (bölmeler) ile ayrılırlar. Her kompartımanın ayrı hava giriş (kirli gaz) ve hava çıkış (popet, temiz gaz) klapeleri vardır. Torba temizliği işlemi sırasında gelen kompartımanın otomatik olarak giriş ve çıkış klapesi kapanır ve torbalar ters hava akımı ile temizlemeye alınır. Bu arada diğer kamaralar devrede olup

filtreleme işlemine devam eder. Temizleme işlemi kompartımanlar arasında sırayla devam eder. Bu şekilde kompartımanlardaki torbalar filtreleme işleminden bağımsız olarak çok iyi temizleneceği için, normal şartlarda online bir filtrede 1-1,2 m³/m²dk arası hızlara göre dizayn edilebilecek bir yerde, offline filtrede 1,5-1,6 m³/m²dk arası filtrasyon hızlarına izin verilebilir ve bu kriterlere göre dizayn yapılabilir. Bu şekilde %20-25 civarında daha az torba kullanılır. Buna rağmen, online filtreye göre offline filtrenin kompartımanlı yapısı ve her bir kompartımanda giriş ve çıkış hava kanallarının yapılması ortalama %20 civarında maliyet artışına sebep olur. Maliyet artışına sebep olan hususlar, giriş çıkış klapeleri, çelik konstrüksiyon otomasyon vb. sıralanabilir. Şekil 4.11’de offline toz toplama filtresini popet (temiz gaz) damperinin şematik gösterimi verilmiştir.

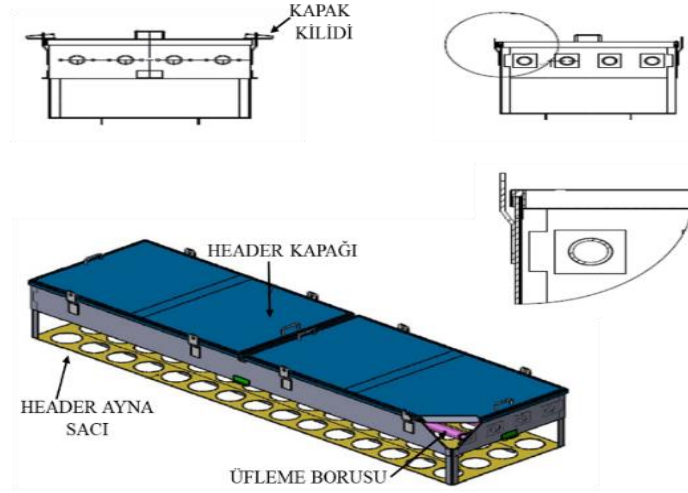


Şekil 14 Offline filtrenin popet (temiz gaz) damper şematik gösterimi

4.4.5. Header

Torbalı tip toz toplama ünitelerinde, filtrasyonun gerçekleştiği torba, kafes ve ventürileri montajlarının yapıldığı çelik konstrüksiyon kısımdır. Ayna sacı olarak adlandırılan kısma sırası ile torba ve ventüri ile entegre olan kafes montajı yapılır. Filtrasyon sırasında torba dış yüzeyinde biriken toz partikülleri (kek), havanın depolandığı tanktan, üfleme boruları ve ventürilerin yönlendirmesi ile akış (filtrasyon) yönüne ters ve çok kısa bir süre (0,1-0,15 s.) torbalardan geçirilerek torba temizliği

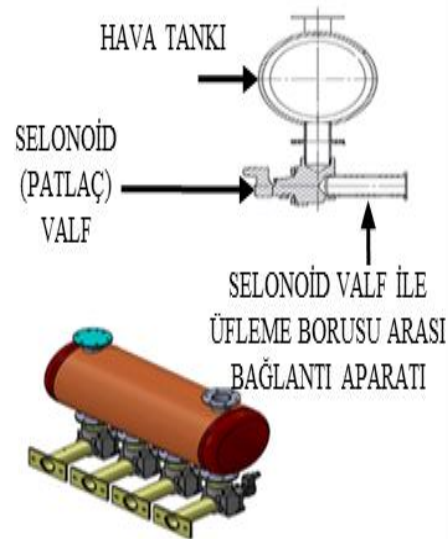
yapılır. Headerlarda kapak, sızdırmazlık elemanları ve kilit aparatları kullanılarak kaçak oluşumu önlenir.



Şekil 15 Torba, kafes ve ventürilerin montajının yapıldığı filtre üst şasesi (header) şematik gösterimi

4.4.6. Hava Tankı

Torbalı sistem toz toplama ünitelerinde, filtre torbalarının temizlenmesi için gerekli olan kuru havanın depolandığı ekipmandır. Şekil 4.13’de filtreleme torbası temizliğinde kullanılan havanın depolandığı tankının şematik gösterimi verilmiştir.

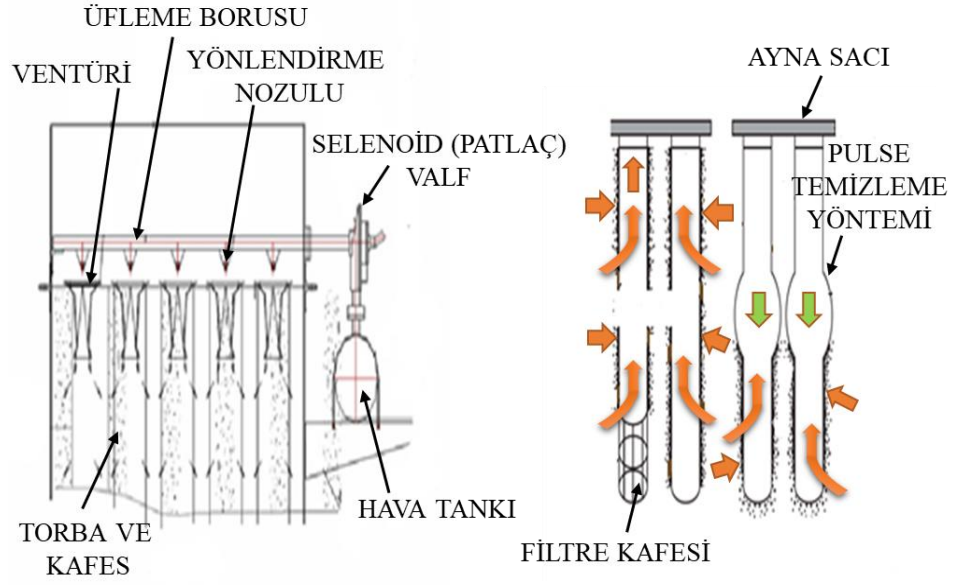


Şekil 16 Filtreleme torbası temizliğinde kullanılan havanın depolandığı tankının şematik gösterimi.

Vakum veya basınç altındaki kirli hava, filtre gövdesinin alt kısmından (offline sistemlerde kirli gaz damperinden) filtreye girer. Filtre ünitesine giren kirli gazın (hava) akış yönü filtre torbalarına doğru olup taşıdığı toz partikülleri torbaların dış yüzeylerinde filtrelenir. Torba ve kafesinin iç kısmına giren temiz hava venturi kısmından da geçer ve filtre ünitesinin temiz bölmesine (header ayna sacının üst kısmına) ulaşır, buradan fan ulaşır sonrasında bacadan geçerek sistemden tahliye edilir.

Toz tutma işlemi sırasında kirli hava içerisindeki tanecikler filtreleme ekipmanının dış yüzeyinde toplanırlar, bunun sonucunda filtreleme ekipmanının geçirgenliği zamanla azalır. Geçirgenliğin düşmesi sonucunda filtre ünitesinin kirli ve temiz gaz bölümleri arasındaki diferansiyel (fark) basınç artar. Sistemde basınç artışının kontrolü otomatik olarak yapılır ve akışa ters yönde basınçlı hava ile filtreleme ekipmanlarını temizleme yöntemi devreye girer. Kirli ve temiz gaz bölümlerindeki basınç farkı düşürülür. Bu yöntem ile filtreleme ekipmanlarının geçirgenli sürekli limitler içerisinde tutulur.

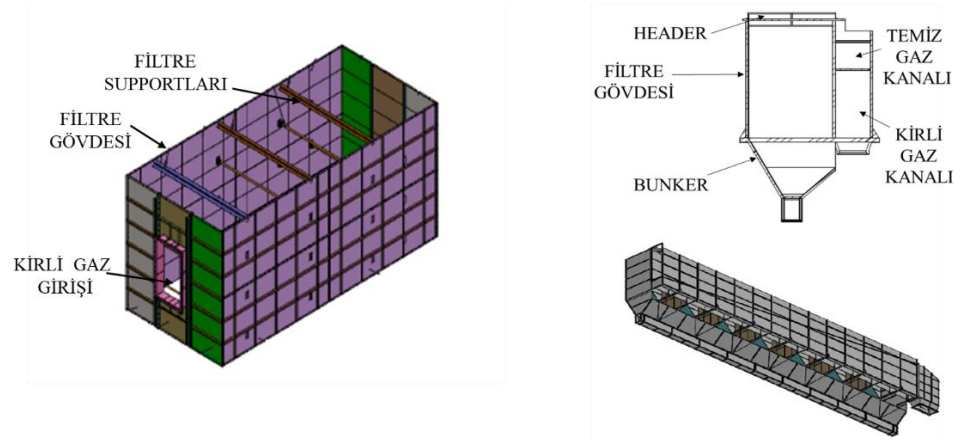
Elektronik timer devresinden gelen periyodik sinyaller ile selenoid valflar, 0,1-0,2 s. gibi çok kısa ayarlanabilen zamanlar ile enerjilendirilir ve yüksek basınçlı hava, patlaç (darbe) valfler kullanılarak üfleme borularına iletilir. Basınçlı hava üfleme boruları üzerinde bulunan deliklerden geçerek çok yüksek hızlar ile ventürilerin içerisine püskürtülür. Basınçlı hava yüksek hızla ventüriden geçerken ikincil ve torbanın iç hacimlerinin birkaç katı büyüklükte bir hava oluşturur. Venturi üzerinden çok yüksek hız ve basınçla püskürtülen hava, temiz hava bölmesindeki (header) havayla birlikte torba içeriğine püskürtülür. Bu iki havanın birleşik tesiri ile torbanın temiz bölümü içerisinde çok kısa ve ani basınç artışı meydana gelir. Bunun sonucunda torbaların lifleri arasında ters yönde hava akımı oluştur ve torbaların yeterli seviyede temizlenmesi sağlanır. Şekil 4.14'te jetpulse torbalı filtre temizliğinin şematik gösterimi verilmiştir.



Şekil 17 Jetpulse torba filtre temizliği şematik gösterimi.

4.4.7. Filtre Ünitesi Gövde Bölümü

Filtre sistemin ana ekipmanlarından olup, birçok ekipmanın montaj yapıldığı kısımdır. Filtre gövdesi; bunker, kirli ve temiz gaz kanalları, filtre torba, kafes ve ventürileri, header, hava tankı ve sistem kontrolü için gerekli olan sıcaklık ve basınç sensörlerinin montaj yapıldığı kısımdır. Filtre gövde kısmının dizaynı filtrasyon ekipmanlarının dizayn kriterlerine göre şekillenmektedir. Şekil 4.15'te torbalı tip toz toplama ünitesinin şematik gösterimi verilmiştir.



Şekil 18 Torbalı tip toz toplama sistemlerinde filtre gövdesi şematik gösterimi

BÖLÜM 5

LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Bu bölümde, toz toplama sistemleri konusunda yapılan literatür araştırmalarına yer verilmiştir.

Donaldson 40 yıldan fazla zamandır toz toplama üniteleri hakkında geliştirici çözümler sunmaktadır. Örneğin kaynak dumanı toplama uygulamasında hava akışını değiştirerek hava medya oranındaki artışı göstermiştir. 1970-1978 arasındaki yıllarda toz toplama ünitelerinde hava yukarı yönlü akışa sahiptir, hava medya oranı 1-1,5 arasındadır ve filtreler dikey konumlandırılmıştır. 1978-1981 yılları arasındaki toz toplama ünitelerinde hava yukarıdan aşağı dorudur, hava medya oranı 1-1,5 arasındadır ve filtreler dikey konumlandırılmıştır. 1981-2014 yılları arasındaki toz toplama ünitelerinde ise hava yine yukarıdan aşağı doğrudur fakat kirli hava filtrelerin merkez noktasından giriş yapar, hava medya oranı 2-3,5 arasındadır ve filtreler yatay olarak konumlandırılmıştır. Son tasarım Downflo Evolution da hava akışı yukarıdan aşağı doğrudur, filtreler yatay olarak konumlandırılmıştır fakat kirli havanın girişi ventüri bölümünden gerçekleştirilir ve hava medya oranını 3,5-4 arasına artırır. Böylece %40'a kadar daha az filtre yüzey alanına sahip ve daha az yer kaplayan toz toplama ünitesi ortaya çıkarmıştır [39].

Morgan (1999), Gold Cone kartuşu ile ilgili yazısında toz toplama ünitesinde kullanılan ortasındaki pileli filtre konisinin dört faydasından ve yatay, dikey filtre kombinasyonuna sahip toz toplama ünitelerinden bahsetmiştir. Birinci faydayı kartuş başına daha önce elde edilenden daha kompakt bir alanda daha fazla hava akışı sağlamak için kartuşa ilave yüzey alanı eklenmiş olur diye açıklamıştır. İkinci faydayı filtrenin altındaki delikle toz toplayıcıda daha fazla kullanım alanı açar, böylelikle ara geçiş hava hızları azalır olarak açıklamıştır. Üçüncü faydayı darbe enerjisinin daha etkin kullanımı için darbe filtre kartuşunun uzunluğu boyunca daha dengeli dağıtır

olarak açıklamıştır. Son olarak, dördüncü fayda belki de en önemlisi: Koniden çıkan darbenin yönü, filtrelerden uzaktaki hazneye doğrudur. Bu, hafif toz parçacıklarını haznenin içine ve hava akımının dışına zorlar olarak açıklamıştır. Farr'ın Golde Cone filtre kurulumu için aldığı patentte [40], bu ölü boşluğun kullanışlı ve verimli bir filtrasyon alanına dönüştürüldüğü toz toplama ünitesinde bir devrimi tanımlar.

Morgan, eski tip toz toplama ünitelerinde hava girişi aşağıdan yukarı doğru tasarlandığından dolayı hava debisinde sınırlama oluşturduğunu belirtmiştir. Bu sebeple filtreler, hava yukarıdan aşağı doğru olacak şekilde yönlendirilmiş ve yatay olarak tasarlanmıştır. Fakat bu tasarım sonucu tozun temizlenmesinde, filtre ömrünün kısılması, hava filtreleme alanında artış ve patlama riskinin olması gibi problemlere sebep olmuştur. Geliştirilmiş tasarım olarak Farr Gold Serisi toz toplayıcısının yaptığı gibi havayı kolektörün yanından geçirmektedir. Bu, havayı toz toplayıcıya kartuşların kendileri ile aynı yükseklikte getiren yüksek girişli bir giriş ile sağlanmaktadır. Hava, ilk önce havayı dağıtan, aynı anda daha büyük parçacıkları ayıran ve filtrelere hiç uğramadan direk haznenin içine bırakan bir sınıflandırıcı görevi gören bir dizi kademeli kanal bölmesi yoluyla gönderilmektedir. Hava çapraz olarak filtrelenecek şekilde kıvrımlı bir yola ve yön değiştirmeye sahiptir. Bu çapraz akış etkisi, yukarı doğru geçiş arası kutu hızlarını ortadan kaldırmıştır. Hava, kolektöre kartuş seviyesinde getirildiği için, filtrelere doğru yukarı doğru akan artık hava olmamaktadır. Bu sistem, filtreleri yanlarına çevirmeden ve ortamın büyük bir kısmını boşa harcamadan aşağı akış tarzı bir hava düzeninin faydasını birleştirmektedir [41].

Sallem vd. (2007), filtrasyon hızının ve toz konsantrasyonunun filtrasyon süresine, ortalama kek yoğunluğuna ve özellikli kek direncine etkisi, pilot ölçekli jet darbeleri bir torba filtrede incelenmiştir. Araştırmalar sonucunda filtrasyon hızı, basınç düşüşü üzerindeki toz konsantrasyonunun yanında kek yoğunluğu, kek özellikleri ve spesifik kek direncine kıyasla daha belirgin bir etkiye sahip olduğunu belirtmiştir. Filtre pastasının yoğunluğu ve özgül direnci, sabit toz konsantrasyonunda daha yüksek filtreleme hızında daha yüksektir. Kek yoğunluğu ayrıca toz konsantrasyonundan da etkilenir. Daha yüksek bir filtrasyon hızında, ancak sabit toz konsantrasyonunda açıkça daha kısa filtrasyon sürelerinin yanı sıra, daha yoğun bir kek gelişir ve daha yüksek gaz hızlarında daha yüksek bir pasta direnci parametresi belirlenir [42].

Feng vd. (2014), pileli filtrelerden filtrasyon akışını simüle etmek için çeşitli HAD modelleri değerlendirilmiştir. Yüksek katlanma yoğunluğu için, akış alanını ve basınç kaybını tahmin etmek için LES, v2f RANS veya DES gerekmektedir, düşük katlanma yoğunluğu için k-ε modelinin yanında başka modeller de uygulanmıştır [43].

Li vd. (2015), pileli filtre kartuşunun içindeki basıncı ve normal ve silindirik koniler darbeli jet işlemi sırasında bir kartuşa yerleştirildiğinde toz temizleme verimliliğini araştırmışlardır. Deneysel bir darbe-jet pileli filtre toz toplayıcı tasarlamışlardır. Pileli filtre kartuşunun uzunluğu boyunca üç noktadaki statik basınçlar ölçülmüş ve kartuşlar koniğe monte edilmeden önce ve sonra karşılaştırmışlardır. Meme çapı, jet mesafesi ve tank basıncı da dahil olmak üzere farklı parametreler incelemişlerdir. Bunlarla birlikte filtre kartuşunun toz emisyonu konsantrasyonu ve basınç düşüşü de incelemişlerdir. Bu inceleme sonucunda, tank basıncındaki artışın, kartuştaki koni varlığına bağlı olmaksızın darbe jeti yoğunluğunu iyileştirdiğini göstermiştir. Darbe jet yoğunluğu, kartuş her iki tip koni ile montajlandığında da artar. Darbeli jet düzgünlüğü normal koni için azaltılmış, fakat silindirik koni için artırılmıştır. Konilerin darbeli jet basıncı üzerindeki etkisi, temiz modda temizleme ve tıkanma aşamasında performansın düşürülmesiyle doğrulanmıştır. Kalan basınç düşüşü azaltılmış ve normal veya silindirik koni kartuşa takıldığında toz emisyonunun tepe konsantrasyonu artmıştır. Silindirik bir koni temizleme aralığını uzatmış ve normal koni tersini gerçekleştirirken toz emisyonunu azaltmıştır [44].

Andersen vd. (2016), düşük basınçlı (2 bar) kumaş filtrelerin darbeli jet temizliğini, üç boyutlu bir HAD modeli ile incelemişlerdir. 28 torba ve her biri 10 m uzunluğunda olan pilot ölçekli test filtresinden alınan deneysel sonuçlar ve genel olarak, tam ölçekli temizleme sisteminin boyutları mevcut HAD modelinin güvenilirliğini kontrol etmek için kullanılmıştır. Doğrulanmış HAD modeli yüksek derecede geçici bir davranışı, güçlü sıkıştırılabilir etkileri, sıkıştırılabilir girdap halkalarının oluşumunu ve aşırı genişlemiş süpersonik jet ile oluşan şok hücre fenomenini ortaya koymaktadır. Ventüri ve temizleme nozulları tasarımı sonuç veriminde önemli rol oynar. Bu tasarımlar torba içerisindeki darbe basıncına yardımcı olur veya bunlara karşı çıkar. HAD simülasyonu, standart düz delikli nozullarında jetin güçlü hizalanmasını sağladığını ve ilave nozul tasarımının sadece sınırlı bir iyileştirme ortaya koyduğunu göstermektedir. Bunun

dışında, düşük basınçlı filtrelerde ventürlere olan gereksinim ve ventüri tasarımını en uygun hale getirmenin önemi gösterilmektedir. Ventüri boğaz çapının azaltılmasının, darbe basıncını iyileştirdiği ve geri akışı azalttığı gösterilmiştir [45].

Solari vd. (2017), bir siklon ayırıcısının içerisine bir torba kumaş filtre yerleştirmişlerdir. Bu çözüm, filtreleme verimliliğini daha az enerji tüketimi ile artırmak için filtre ve siklonun avantajlarını birleştirmiştir. Bununla birlikte, bu çözümle sistemin sadece genel verimliliğini arttırmakla kalmamış, dahası filtrelerin çalışma koşulları üzerinde olumlu etkilere izin vererek filtrenin ömrünü arttırmıştır. Sonuçlarında, atmosfere atılan toz emisyonlarını kanun düzenlemeleri ile belirlenen sınırlar içerisinde tutmayı başarmışlardır [46].

Kim vd. (2017), optimum geometriye sahip pileli bir filtre torbasının filtrasyon özellikleri, 10 g/m³'lük bir toz konsantrasyonu ve 1,2 m/dk'lık bir filtrasyon hızı koşullarında incelenmişlerdir. İnceleme sonucunda, pileli filtre torbasının, filtre kıvrılmasından kaynaklanan ölü alan nedeni ile teorik filtreleme alanının aksine yaklaşık %50 ila %60'lık etkili bir filtreleme alanına sahip olduğunu bulmuşlardır [47].

Xi vd. (2017), bir sokak vakumu için Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği ile toz toplayıcının iç akış alanı incelemiştir. Toz toplayıcının akış oranı dağılımının düzensiz olduğu, bunun sebebinin de girişteki hava hızının daha yüksek olduğunu göstermektedir. İç akış alanının homojenliğini artırmak için girişe bir bölme plakası yerleştirilmiştir. Ana teknik parametreler, genel akış hızı dengesiz genlik D_k ve maksimum akış hızı dengesiz genliği D_{ki} azalmıştır. D_k ise 0,1012'den 0,0402'ye düşürülmüş ve D_{ki} , 0.3429'dan 0.1308'e düşürülmüştür. [48].

Xie vd. (2018), çalışmalarında kıvrımlı ve küçük filtre kartuşları ile donatılmış yeni bir kartuş filtrasyon siklonu ve geleneksel siklonu temel alan bir hızlı püskürtme sistemi ortaya koymuşlardır. Boyutu 2,5 μm 'den daha büyük olan parçacıkların çoğu, dönen hava akımı ile önceden ayrılır. Sonrasında, boyutu 2,5 μm 'den küçük olan ince partiküller, filtre kartuşu ile filtrelenirler. Kartuş filtre siklonunun toplam ayırma verimliliği, basınç düşüşü, temizleme aralığı ve derecelendirme verimliliği de içinde olmak üzere performans parametrelerini deneylerle incelemiştir. Sonuçları, kartuş

filtre ve geleneksel siklon ayırıcısına göre özel avantajlarının olduğunu, partiküllerin yakalanması ve ayrıştırılmasında etkisini olumlu bir şekilde arttırdığını göstermiştir [49].

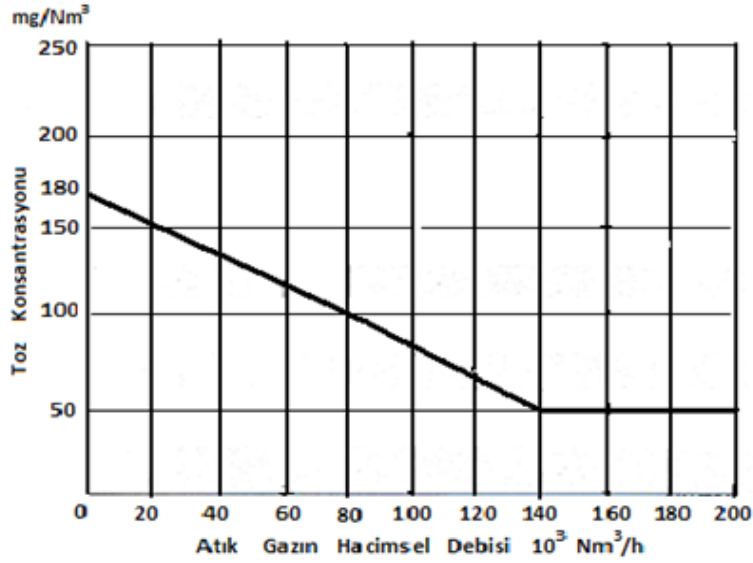
Bey pazarlı (2021) çalışmasında, toz toplama sistemlerinin türlerini araştırmış ve toz toplama sistemi performansına etki eden değişkenleri incelemiştir. Birbiri ile bağlantılı iki kademeli bir toz toplama sistemi tasarımı yapılmıştır. Tasarım, analiz yapılarak geleneksel bir toz toplama sistemi ile kıyaslanmıştır. Hesaplama akışkanlar dinamiği ile iki sistemin analizleri yapılmıştır. Klasik sistemde hava girişi toz toplama ünitesinin altından, hava çıkışı ise üst kısımdan olacak şekilde gerçekleştirilir ve filtreler dikey pozisyonda yerleştirilmiştir. Yeni sistemde ise bütünleşik (birbiri ile bağlantılı) iki kademeli bir toz toplama sistemi tasarlanmıştır. Tasarlanan yeni toz toplama sisteminde hava girişi üst bölümden gerçekleştirilerek ön filtreleme kısmına yönlendirilmiştir. Analizler sonucunda toz toplama sistemlerindeki filtre iç merkez hava hızları klasik sistemde 7,38 m/s, yeni tasarlanan sistemde ise 6,69 m/s olduğu bulunmuştur [50].

Literatür çalışması değerlendirildiğinde, yüksek fırın tesisinin arza veya bakım çalışmaları dışında durmaksızın çalıştığı ve online filtre ünitesinin filtreleme ekipmanlarında arza veya bakım çalışmaları durumunda ise ünitenin durdurulması gerekmektedir. Yapılan revizyon ile offline filtre ünitesine geçiş yapıldığında, ünitenin filtreleme ekipmanının arza ve bakım durumlarında filtreleme işlemi durdurulmadan gerekli işlemlerin yapılması hedeflenmiştir. Bakım veya işletme personellerinin temiz bir ortamda İSG kurallarına uygun çalışmaları hedeflenmiştir. Ayrıca yapılan revizyon sonrasında sürücülü motor kullanımına geçilmesi ile emiş fanı istenilen devirde kullanılması hedeflenmiştir. Bunun sonucunda offline toz toplama ünitesi filtrasyon hızı belirlenen sınır değerler içerisinde kalarak ünitenin çalışması hedeflenmiştir. Motor maksimum kapasitede çalışmadığı için enerji tasarrufu hedeflenmiştir. Bu çalışmada online filtre sistemlerinin revizyonu yapıp offline filtre sistemine geçiş yapılarak iki sistem birbirleri ile karşılaştırılmıştır.

BÖLÜM 6

FİLTRE REVİZYON ÇALIŞMASI

Demir Çelik üretim tesislerinde, işletme şartları gereği muhtelif noktalarda toz kaynaklı emisyonların oluşması kaçınılmazdır. Ancak oluşan bu toz emisyonlarının azaltılması, çeşitli toz toplama ve toz bastırma sistemleri ile yürürlükteki izin verilen emisyon oranları doğrultusunda azaltılması ile mümkün olmaktadır. Yürürlükteki sanayi kaynaklı hava kirliliğinin kontrolü yönetmeliğinin işletmeler için hava emisyon sınır değerine göre çizelge 6.1’de verilmiştir.



Şekil 6.1. Sanayi kaynaklı hava kirliliğinin kontrolü yönetmeliğinin işletmeler için toz emisyon sınır değeri [51].

Endüstriyel emisyonların azaltılmasında torbalı tip filtre sistemlerinin büyük önemi vardır. Bu sistemler, çevrenin korunması ve enerji verimliliği bakımından daha iyi olmalarının yanı sıra çalışma ortamındaki kirli gazların uzaklaştırılarak sağlıklı çalışma ortamları oluşturulmasını sağlamaktadır.

Torbalı (kuru) tip filtre kullanımının diğere bir amacı da, ürün geri kazanımıdır. Örneğin bu sayede demir çelik sektöründe, kireç tozları, kok tozları, sinter tozları, vb. maddeler geri kazanılarak proseste ürün elde edilmesinde yeniden kullanılabilir.

Yukarıda belirtildiği üzere çalışma ortamlarının temizlenmesi, atmosfere kirli gazların daha az salınması, enerjinin verimli kullanılması, gerekiyor ise ürünün geri kazanılması için, optimum özelliklerde ve cinsten filtre kullanılması gerekmektedir. Kurulan bir sistemin testinin yapılması veya çalışmada olduğu sürece mevcut sistemlerin incelenmesi bu açıdan çok önemlidir. Bu sistemlerde sistem ekipmanlarının doğru ve optimum ebatlarda seçilmesi, kapasitenin doğru belirlenmesi, gerekli toplama kanallarının doğru ölçülerde ve basınç kayıplarının optimum seviyelerde olacak şekilde tasarlanması, yukarıda belirtilen çalışma ortamlarının temiz tutulabilmesini, emisyonların azaltılmasını ve enerji verimliliğini doğrudan etkilemektedir.

6.1. MEVCUT 400.000 m³/h KAPASİTELİ ONLINE TOZ TOPLAMA SİSTEMİ

Mevcut YF-1 Fırın önü filtresi 400.000 m³/h kapasiteli ve online tip olup, filtre fırın önü emişinde yetersiz kalmakta ve filtre ünitesinin işletilmesinde problemler yaşanmaktadır. Yaptığımız çalışmalar sonucunda, filtrasyon hızının yüksek olmasından dolayı verimin düştüğü, Yüksek Fırın-1 ve Yüksek Fırın-2 şarj besleme bunkerleri bölgesinin toz emiş sistemlerinde YF-1 Fırın önü toz toplama hattına bağlı olduğu tespit edilmiştir. Şarj bunkerleri bölgesinin toz toplama kanallarının YF-1 Fırın önü toz toplama sistemine bağlı olması bu filtrenin asli görevi olan fırın önünde emiş hızını etkileyerek verimsiz çalışmasına sebep olmaktadır. 400.000 m³/h kapasiteli online toz toplama ünitesinde filtrasyon işlemi için %100 polyester hidrofob empenyeli toplamda 1950 adet filtre torbası kullanılmaktadır. Bu malzeme ile üretilen torbaların en önemli özellikleri, nem ve yağa karşı dayanımlı olmalarıdır. Torbalar 140 mm çapında ve 4.400 mm boyundadır.

Filtrasyon Hızı Eşitlik 6.1'e göre hesaplanmaktadır.

$$V \text{ (m/s)} = Q \text{ (m}^3\text{/dk)} / A \text{ (m}^2\text{)} \quad (6.1)$$

Gaz debisi = 400.000 m³/h olup dakikaya çevirmek için 60 ile böldüğümüzde yaklaşık olarak 6.666,7 m³/dk değerine karşılık gelmektedir.

Torba çapı D= 140 mm ve boy h =4.400 mm'dir.

Filtreleme ekipmanının Filtrasyon Alanı Eşitlik 6.2'ye göre hesaplanmaktadır.

$$A (m^2) = \pi \times D \times h \quad (6.2)$$

$3,14 \times 0,14 \times 4,4 = 1,934 \text{ m}^2$ 'dir. Toplamda 1950 adet filtre torbası kullanılmıştır.

Toplam filtrasyon alanı = $1,934 \times 1950 = 3.771,3 \text{ m}^2$ olmaktadır.

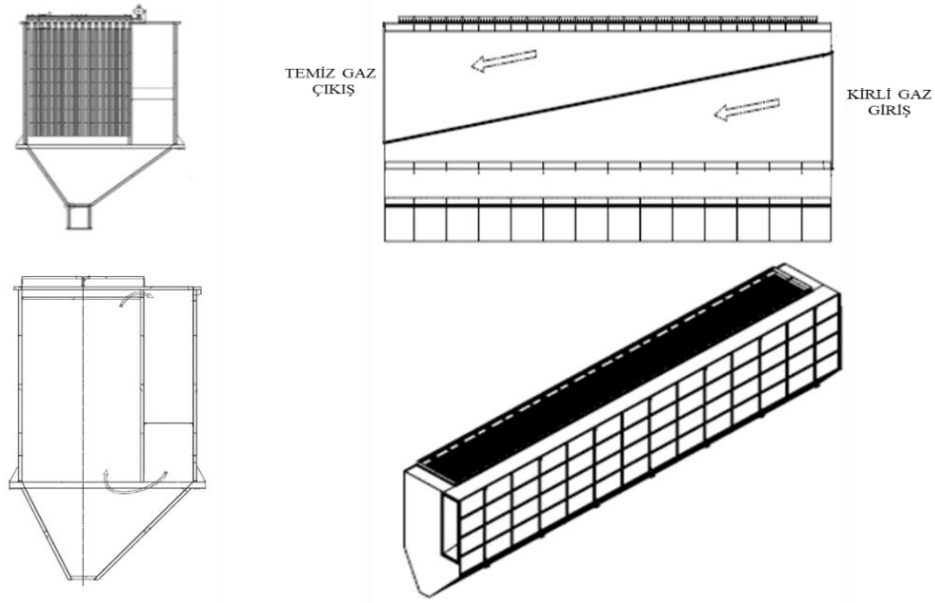
Filtrasyon Hızı = $6.666,7 / 3.771,3 = \underline{1,76 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{dk}}$ olarak hesaplanmaktadır.

Filtrasyon hızı, birim filtre torbası alanının, birim zamanda süzmesi gereken hava miktarı olarak tanımlanabilir. Ayrıca bu hız değeri filtre toplam basınç kaybını ve filtrasyon verimliliğini belirleyen en önemli etmendir. Başka bir deyişle, filtrasyon hızının düşük olduğu filtre ünitelerine yapılan bakım sıklığı, filtrasyon hızının yüksek olduğu filtre ünitelerine göre çok daha azdır. Yüksek filtrasyon hızları, düşük filtreleme verimine, yüksek basınç kayıplarına, filtre torbalarında körleşmeye ve torbaların özelliklerini kısa sürede kaybetmesine neden olur. Bu tip problemlerin giderilebilmesi için daha fazla sayıda filtrasyon ekipmanı (torba) kullanılması ve filtrasyon hızının kabul edilebilir değerlere düşürülmesi gerekmektedir. Jet-pulse torbalı tip toz toplama ünitelerinde döküm tozunun filtrasyon hızının 1,3-1,6 m³/m²dk ve altında olması gerekmektedir [52]. Çizelge 6.1'de toz cinslerine göre filtrasyon oranları verilmiştir.

Çizelge 6.1. Toz cinslerine göre filtrasyon oranları.

Tozun Cinsi	Filtrasyon Oranı (m ³ /m ² dk)	
	Minimum	Maksimum
DEMİR OKSİT	0,9	1,0
ÇAPAK ALMA	1,3	1,8
SODA	0,9	1,8
KLİNKER	1,0	1,3
ÇİMENTO (SİLO ÜSTÜ)	1,7	2,0
DETERJAN	1,0	1,3
KİREÇ TAŞI	1,3	2,0
ALÇI	1,2	1,6
ALÇI (SİLO ÜSTÜ)	1,7	1,8
FELDİSPAT	1,2	1,6
KUMLAMA	0,8	1,2
BAKIR OKSİT	0,8	1,2
TEBEŞİR	1,7	1,8
TAŞLAMA	1,2	1,3
ŞEKER	1,6	1,8
ÇİKOLATA TOZU	2,2	2,3
SÜT TOZU	1,0	1,2
KAKAO	2,2	2,3
KAHVE	2,2	2,3
KAZAN CURUFU	1,2	1,5
LİNYİT KÖMÜRÜ	1,6	2,1
TAŞ KÖMÜRÜ	2,5	2,7
SABUN	1,5	1,7
KURŞUN OKSİT	0,7	1,0
ÇİNKO OKSİT	0,7	1,2
ALÜMİNYUM OKSİT	0,9	1,2
KUVARZ KUMU	1,2	1,5
MAÇA KUMU	1,3	2,1
DÖKÜM	1,3	1,6
KEMİK TOZU	1,3	1,5
BORAKS	0,8	1,2
GRAFİT	1,2	1,4
CAM YÜNÜ	2,8	3,0
YÜN	2,8	3,0
KAOLİN	1,5	1,8
İNCE KUM	1,2	1,3
İRİ KUM	1,5	1,8
KOK	1,0	1,2
UN	1,8	2,0
AHŞAP TALAŞI	2,2	2,4
SAMOT	1,3	1,6
ATEŞ TUĞLASI	1,0	1,3
BALIK UNU	1,5	1,7

YF1 Fırın Önü Tozsuzlaştırma sistemi mevcutta YF1 ve YF2 şarj tesisi bunkerler bölgesine de hitap etmektedir. Bunkerler bölgesi ayrı bir tozsuzlaştırma ünitesine bağlanacak ve bu durumda YF prosesine bağlı olarak fasıllı çalışma durumu meydana gelecektir. Bu durumda enerji tasarrufu açısından sistem hız kontrollü (frekans konvertörü) hale getirilecektir. Şekil 6.2’de Bu işlemler yapılmadan önce mevcutta online olarak çalışan 400.000 m³/h kapasiteli toz toplama ünitesinin şematik gösterimi verilmiştir.



Şekil 19 Mevcut 400.000 m³/h kapasiteli online toz toplama sistemi şematik gösterimi.

6.2. YF-1 FIRIN ÖNÜ TOZ TOPLAMA OFFLINE SİSTEM TASARIMI

Söz konusu filtresinin online çalışma usulünden offline çalışma usulüne geçilmesi için yapılan revizyonlarda aşağıdaki hususlara dikkat edilmiştir.

- %100 Polyester hidrofob emprenyeli ve minimum 500gr/m² olan filtre torbaları kullanılmıştır. Polyester filtre torbaları, çalışma sıcaklığı 150°C’ye kadar olan birçok sektörde tercih edilmektedir. Şekil 6.14’te PLC/SCADA (Programmable Logic Controller / Supervisory Control and Data Acquisition) ekranında da görüldüğü üzere Yüksek Fırın-1 fırın önü toz toplama sisteminde sürekli çalışma sıcaklığı ortalama 45°C’dir. Hem birçok iş kolunda sorunsuz şekilde çalışması

hem de düşük maliyeti ile tercih edilmektedir. Asit ve oksitlere karşı yüksek direnç gösteren polyester filtre torbaları aşınmalara karşı dayanıklıdır. Kardemir YF-1 fırın önü filtre ünitesinde filtrelenen tozdan alınan numune içeriğinin analiz sonuçları Çizelge 6.2’de verilmiştir. Sonuçlardan da anlaşıldığı üzere numune içeriğinin %70 ve üzerinde bir kısmını oksit içerikli malzemeler oluşturmaktadır. Hidrofob emprenye işlemi uygulanarak yağ ve su itici özellikleri bulunan polyester filtre torbasını, tozun yağlı ve nemli olarak geldiği sistemlerde kolaylıkla kullanabilmektedir. Bir yüzeyi gazeli (tozun filtre torbasına yapışmaması için torbanın bir yüzeyine uygulanan işlem) yapıdaki torbalar tozun yüzeyden rahatlıkla kayarak torba yüzeyinde tutunmasını zorlaştırmaktadır.

Çizelge 6.2. YF-1 Fırın önü filtre ünitesinde filtrelenen tozun içerik analizi.

TOZ İÇERİĞİ		İÇERİĞİNDEKİ %'si
Fe ₂ O ₃	=	70,03
CaO	=	10,03
SiO ₂	=	9,28
C	=	1,81
S	=	0,18
Al ₂ O ₃	=	0,01
MgO	=	0,01
Na ₂ O	=	0,17
K ₂ O	=	0,09
ZnO	=	0,06
MnO	=	0,84
Diğer	=	7,49
TOPLAM		100

- 1,76 m³/m²dk olan filtrasyon hızı 1,5 m³/m²dk'nın altına düşecek şekilde hesaplamalar yapılmıştır. Online toz toplama sisteminde filtrasyon hızı döküm tozları için verilen 1,3-1,6 m³/m²dk filtrasyon hızından yüksektir. Bu durum filtreleme verimini olumsuz etkilemektedir. Toplamda 1950 adet kullanılan filtre torbaları bu sistemde 2100'e çıkarılmıştır. Kompartımanlı sisteme geçilmesi nedeniyle filtre gövdesi 7 kompartımanlı olacak şekilde dizayn edilmiştir. Filtrasyon hızının yüksek olması sebebiyle filtrasyon hızını düşürmek için fan motorunda frekans konvertörü kullanılmıştır.

Frekans konvertörü, kelime anlamı ile invertör çevirici anlamına gelmektedir. Frekans invertöründe frekans çevirici anlamında kullanılmaktadır. Asenkron motorların frekans konvertörü ile frekansını değiştirerek motor devrini kontrol etmede kullanılır. Fan debisini frekans konvertörü ile 400.000 m³/h'ten 300.000 m³/h'te düşürülmüştür. Daha önce eşitlik 6.2'ye göre yapılan hesaplamalarda 1 filtre torba yüzey alanı 1,934 m² olarak hesaplanmıştı. Toplamda 2100 torba kullanılmıştır. Toplam filtreleme yüzey alanı eşitlik 6.3'e göre hesaplanmaktadır.

Toplam Filtreme Yüzey Alanı (ΣA) = 1 adet filtre torba yüzey alanı (A) x toplam torba adedi (t) (6.3)

ΣA (m²) = 2100 x 1,934 = 4.061,4 m² 'dir.

Gaz Debisi = 300.000 m³/h olup dakikaya çevirmek için 60 ile böldüğümüzde yaklaşık olarak 5.000 m³/dk olarak hesaplanmıştır. Filtrasyon hızı eşitlik 6.1'e göre tekrar hesaplanmıştır.

$V = 5.000 / 4.061,4 = \underline{1,23 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{dk}}$ olarak hesaplanmıştır.

- Offline toz toplama sistemlerinde torba temizleme işlemleri herbir kompartıman filtrasyon işleminden izole edilerek bağımsız bir şekilde yapılmaktadır. Bunun sebebi filtre içerisinde oluşabilecek arıza veya bakım ihtiyaçları sırasında sistemin durdurulmasına gerek olmamasıdır. Kompartıman temizleme işlemine alındığında filtre ünitesi çalışmaya devam etmektedir. Bu durumda 7 kompartımanlı olarak dizayn edilen filtre ünitesi, temizlik aşamasında diğer 6 kompartıman filtreleme işlemine devam edebilmektedir. Temizleme işlemi sırasında kompartımanlardan 1 tanesi kapalı pozisyona geçmesi sebebiyle 1800 adet torba filtre ile filtreleme işlemi yapılmaktadır. Eşitlik 6.2'ye göre hesap edilen bir filtre torbasının yüzey alanı, eşitlik 6.3'de verilen filtreleme işlemindeki torba adedi ile çarpılarak filtre ünitesi filtrasyon yüzey alanı hesap edilmektedir. Bundan sonra eşitlik 6.1'e göre filtrasyon hızı hesaplanmıştır.

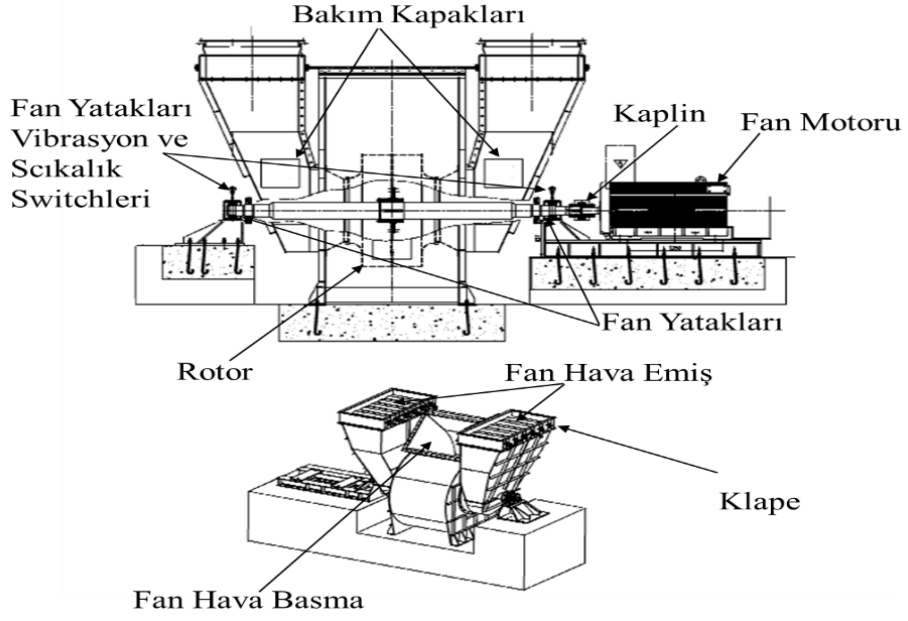
ΣA (m²) = 1800 x 1,934 = 3.481,2 m²'dir. Q (m³/dk) = 5.000 m³/dk.

$V = 5.000 / 3.481,2 = \underline{1,43 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{dk}}$ olarak hesaplanmıştır.

- Kompartıman temizleme işlemine alındığında dahi filtrasyon hızı Çizelge 6.1’de belirtilen sınır değerlerinde altında kalmıştır. Bu durum filtre ünitesinde, filtre veriminin artmasına, basınç kayıplarının düşmesine, torba filtre özelliklerinin uzun süre korumasına sebep olur.

Sistemde daha önce kullanılan fan kullanılmaya devam edilmiş olup, fan tasarımında aşağıdaki hususlara dikkat edilmiştir.

- Fan tahrik sistemi, enerji verimliliği, işletme ve bakım maliyetleri açısından kaplin bağlantılı tercih edilmektedir. Mevcut sistemde bu şekilde olduğundan tasarımda değişiklik yapılmadan aynı şekilde kullanılmaya devam edilmiştir.
- Fan yataklarındaki sıcaklıklar, PT-100 sıcaklık ölçerlerle ve vibrasyonlar vibrasyon switchleri ile kontrol edilmektedir. Fan yatak sıcaklıkları ve vibrasyon değerleri sürekli olarak izlenerek, fanda oluşabilecek problemleri önceden belirlemek mümkün hale gelmiştir. Şekil 6.3’de revizyonu yapılan toz toplama sisteminde kullanılan çift emişli fan ve motor ekipmanlarının şematik gösterimi verilmiştir.



Şekil 6.3. Revizyonu yapılan toz toplama sisteminde kullanılan motor-fan ekipmanlarının şematik gösterimi.

- Fan motoru kumandasında, enerji verimliliği açısından frekans konvertör kullanılmıştır. Mevcut sistemde böyle bir ekipman/özellik olmadığından sisteme eklenmiştir. Böylelikle fan devri istenilen değere ayarlanabilmiştir.

Toz toplama hatlarının tasarımları yapılırken aşağıdaki hususlara dikkat edilmiştir.

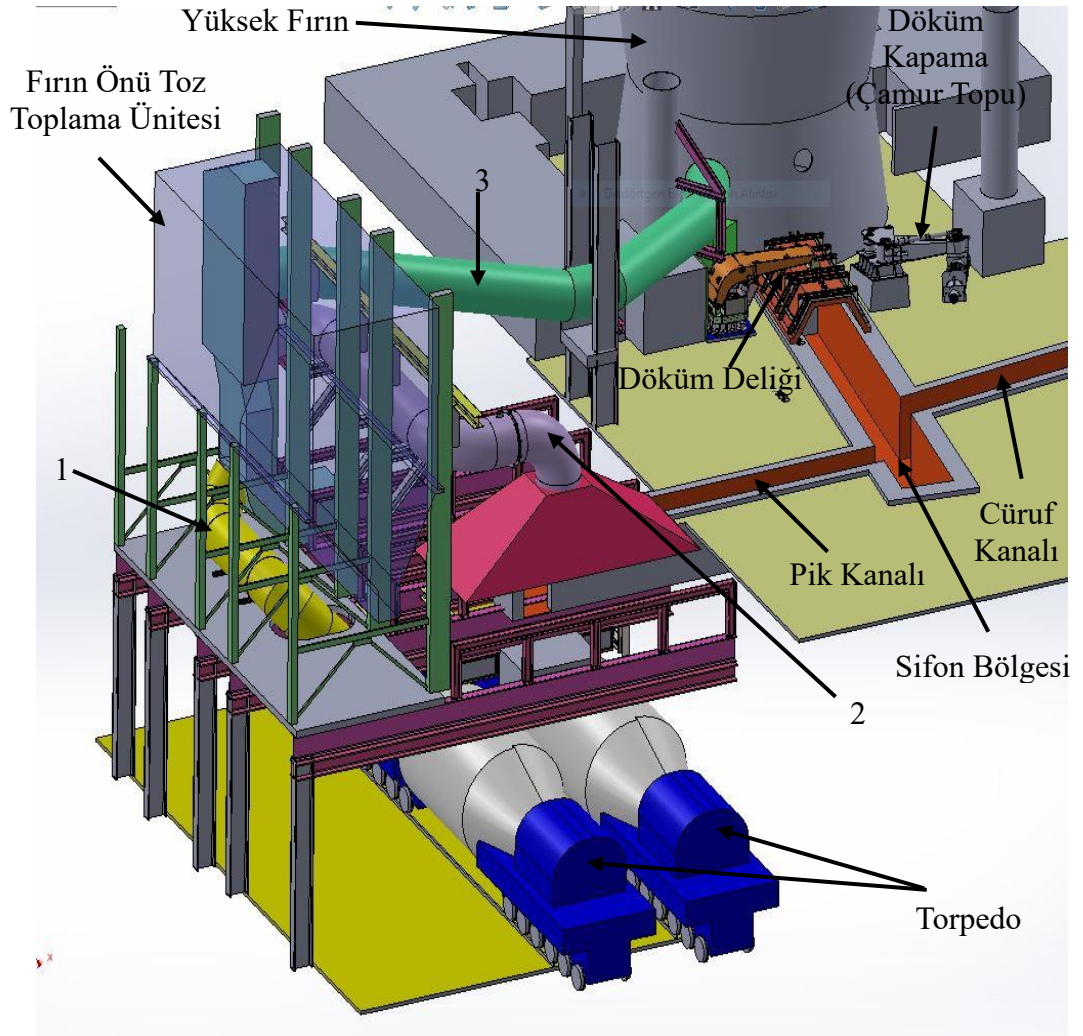
- Her emiş noktası için mutlak suretle emiş klape kullanılması önerilmektedir. Bu emiş klape ayarlanarak, hatlar arasındaki basınç kayıpları kolaylıkla dengelenebilir. Aksi takdirde, basınç kayıpları az olan noktalardan istenilenden fazla emiş yapılırken, basınç kayıpları yüksek olan noktalardan istenilen emişler yapılamaz. Fakat emiş noktasının az olması durumunda bu şekilde bir uygulama yapılmasına gerek duyulmamaktadır. Toz toplama kanalları üzerine herhangi bir klape eklemesi yapılmamıştır.
- Boru hatları içerisinde toz birikmesini önlemek için emiş hatlarında yatay boru hatlarından kaçınılması gerekmektedir. Sistem üzerinde bu şekilde bir revizyona ihtiyaç duyulan nokta mevcut olmadığından dolayı herhangi bir işlem yapılmamıştır.

- Toz emiş hattında bulunan dirseklerin içerine, aşınmaya dayanıklı malzemeler (bazalt veya dıştan beton v.b.) ile kaplamalar yapılarak bu bölgelerde zamanla oluşabilecek aşınmalar nlenebilir. Fırın n tozunda gerek özellik ve gerekse partikül büyüklüklerinden dolayı bu Şekilde bir revizyona yapılmasına gerek duyulmamıştır. Çizelge 6.3'te YF-1 fırın n toz toplama ünitesinde filtreleme sonucu toplanan tozlardan alınan numunelerde yaptırılan analiz sonucunda tanecik boyutları verilmiştir.

Çizelge 6.3. Fırın n toz toplama sisteminde filtreleme işlemi sonrası alınan toz numunelerinin tanecik boyutu cinsinden %'si

ELEK FRAKSİYONLARI	TANECİK BOYUTU %'Sİ
+841 μ	0,00
-841, +500 μ	0,12
-500, +200 μ	4,69
-200, +100 μ	14,02
-100, +63 μ	22,94
-63, +28 μ	52,58
-28 μ	5,65

- Boru içerisinde hızlar izelge 4.1'de verildiği gibi 18-23m/s olacak Şekilde kanal çapları tayin edilmelidir. Kanal içerisindeki hızların yüksek olması, boru hatlarında oluşan basınç kayıplarını ve kanallarda oluşacak aşınmaları artıracaktır. Kanal içi hızların düşük olması ise kanalların içerisinde toz çökmelerine ve zamanla hatların tıkanmasına sebep olacaktır. Mevcut filtre nitesine YF-1 fırın n, YF-1 ve YF-2 besleme bunkerleri bölgesinin toz emiş sistemlerinin de bağlı olması sebebi ile toz toplama kanallarında emiş hızının verimsiz çalışmasına sebep olmaktadır. Öncelikle YF-1 ve YF-2 besleme bunkerleri filtre ünitesinden ayrılmış ve fırın n toz toplama sistemi için 3 adet yeni toz toplama kanalı dizayn edilmiştir.



Şekil 6.4. YF-1 fırın önü toz toplama sistemi yeniden dizayn edilen toz toplama kanallarının ve fırın önünün şematik gösterimi

Revizyon yapılan toz toplama sisteminde frekans konvertörü ile sistemin kapasitesi 300.000 m³/h olarak dizayn edilmiştir. Toz toplama kanalları şekil 6.4’de gösterildiği gibi 3 adet olacak şekilde yeniden tasarlanmıştır. 1. toz toplama kanalı sıvı pik demirin torpedolara dolum yapıldığı bölgede torpedo ağızlarına hitap edecek şekilde, 2. toz toplama kanalı sıvı pik demirin torpedolara doldurulduğu bölgenin üst kısmına ve 3. toz toplama kanalı da döküm deliği bölgesine hitap edecek şekilde dizayn edilmiştir. Her bir toz toplama kanalının çapları Çizelge 4.1’de belirtilen hızlara göre dizayn edilmiş olup 1.300 mm’dir. Filtreleme ünitesi debisinden yola çıkarak toz toplama kanalları içerisindeki hızlar eşitlik 6.4’e göre hesaplanmaktadır.

$$M \text{ (m}^3\text{/s)} = W \text{ (m/s)} \times a \text{ (m}^2\text{)} \quad (6.4)$$

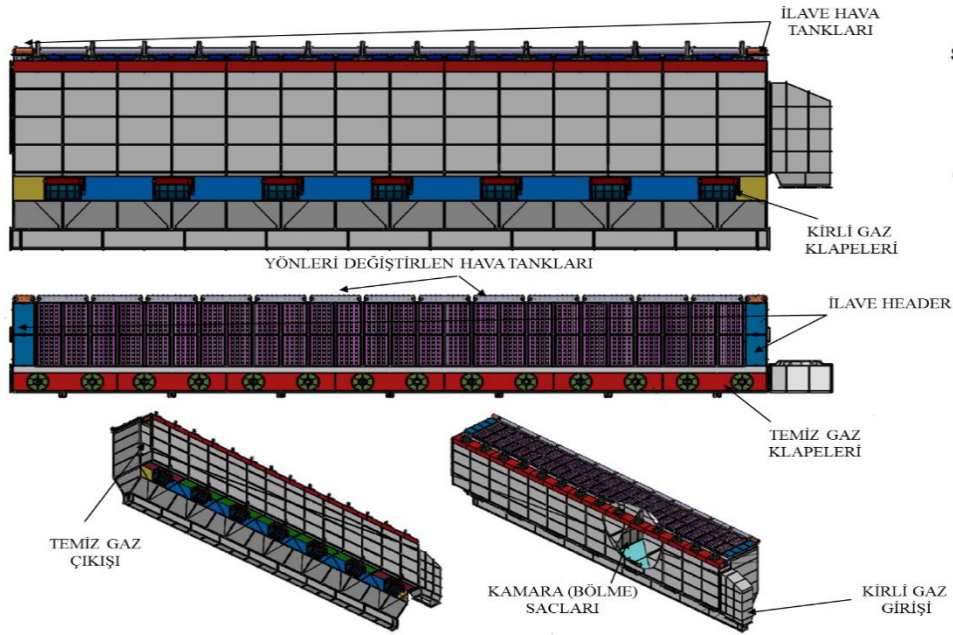
Filtre ünitesinin debisi = 300.000 m³/h'tir. Saati saniyeye çevirmek için 3600 ile bölerek m³/s'ye çevrilmiştir. M = 83,33 m³/s olarak hesap edilir.

Toz toplama kanalının yüzey alanı eşitlik 6.5'e göre hesaplanmaktadır.

$$a \text{ (m}^2\text{)} = (\pi \times D^2) / 4 \quad (6.5)$$

$(3,14 \times 1,3^2) / 4 = 1,3273 \text{ m}^2$. Olarak hesap edilir. Toplamda 3 adet toz toplama kanalı $1,3273 \times 3 = 3,9819 \text{ m}^2$ 'dir. Eşitlik 6.4'e göre toz toplama kanal içi hız hesaplanır.

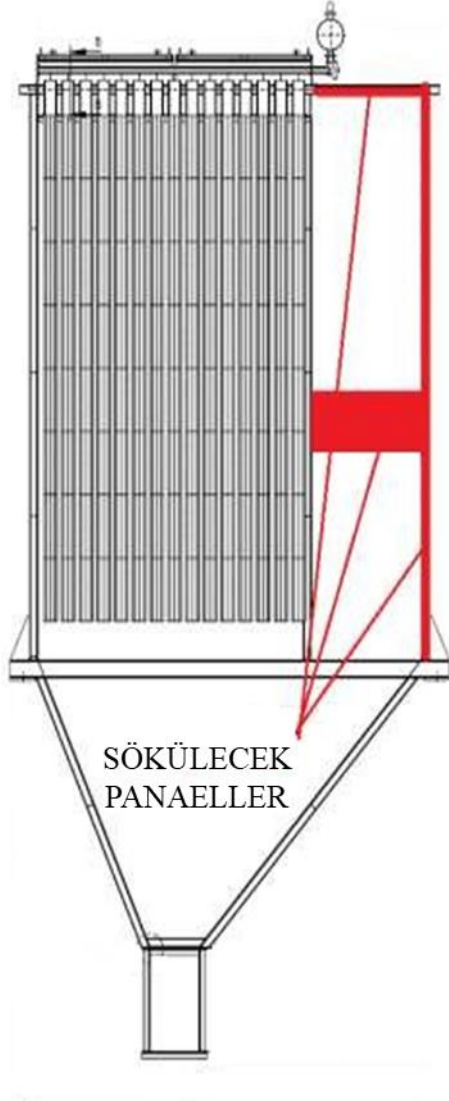
(W) Hız = (M) Debi / ($\sum a$) Toplam Yüzey Alanı = $(83,33 \text{ m}^3\text{/s}) / (3,9819 \text{ m}^2) = 20,93 \text{ m/s}$ olarak hesaplanmıştır. Her bir toz toplama kanalı kirli gaz hızı olarak hesaplanmaktadır ve Çizelge 4.1'de belirtilen döküm tozlarının kanal içerisindeki taşınma hızları toleransı içerisinde.



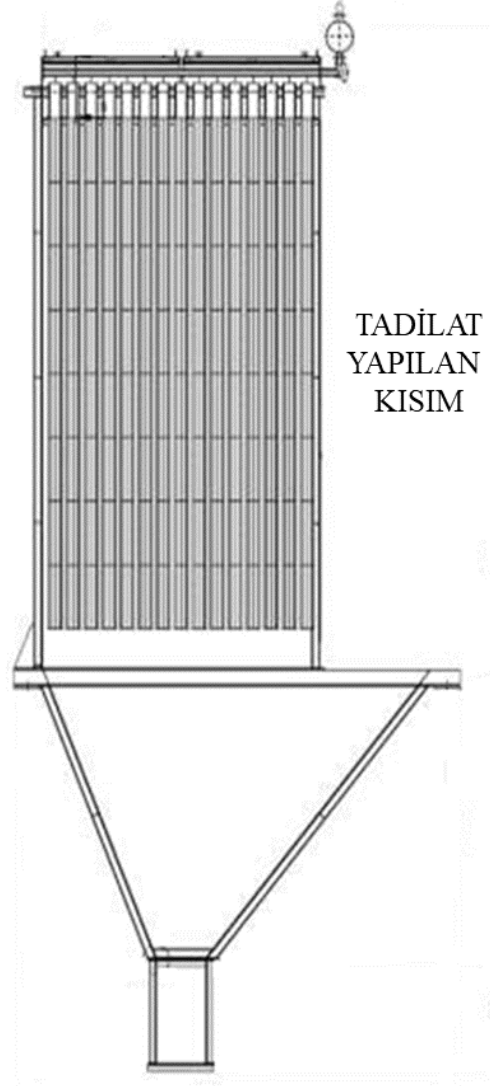
Şekil 20 Mevcut 400.000 m³/h kapasiteli online filtrenin offline filtreye dönüştürülmüş şematik gösterimi

Online olarak dizayn edilmiş mevcut torbalı filtrenin, offline tip olacak şekilde revize edilmesi için aşağıda belirtilen revizyonlar yapılmıştır.

1. Adım: Mevcut filtrenin giriş ve çıkış kolektörünü oluşturan dış duvar ile bu kolektör içerisindeki kirli ve temiz gazı ayıran ara paneller komple sökülüştür. Bkz. Şekil-6.6 / Şekil-6.7

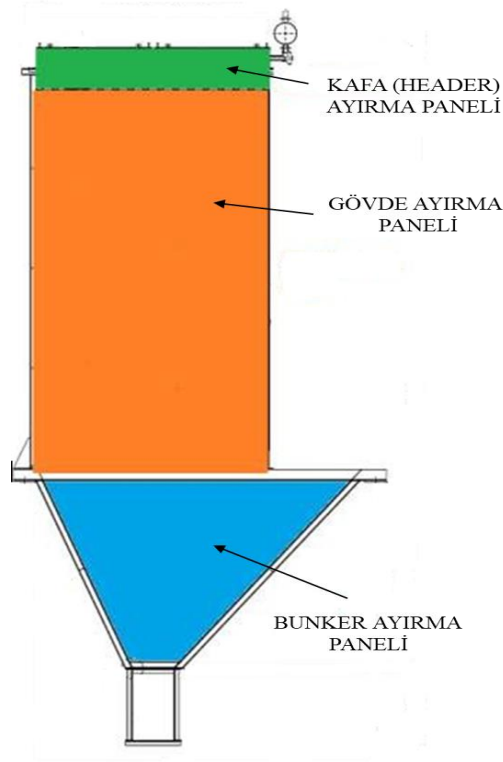


Şekil 21 Sökülecek panellerin şematik gösterimi

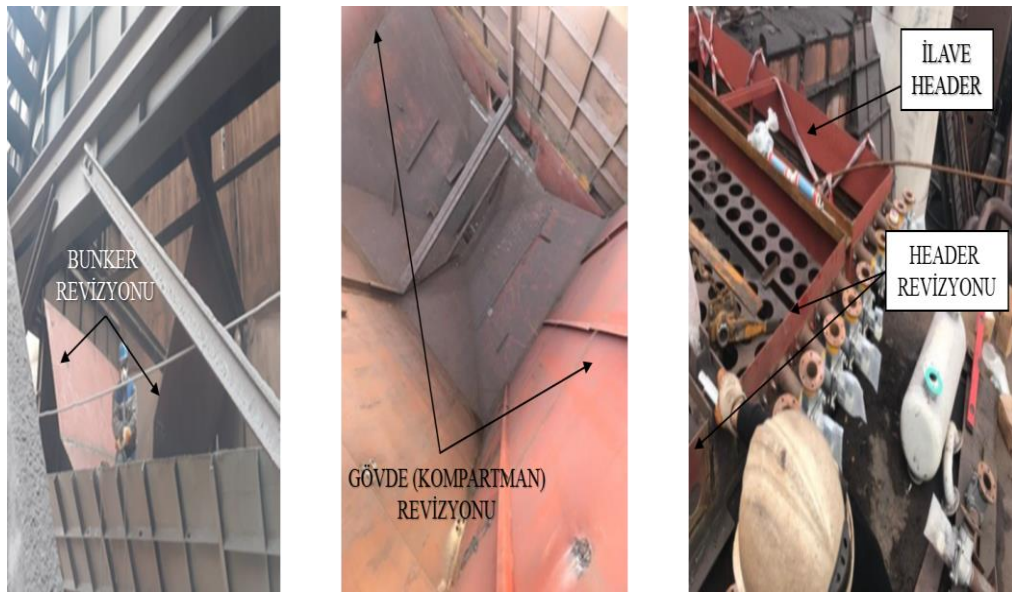


Şekil 6.7. De-montaj işlemi sonrası şematik gösterimi

2. Adım: Mevcut filtrenin içerisi alt gövde, üst gövde ve bunker bölgesine yeni yapılan ayırma panelleri ile 7 ayrı bölgeye/kompartımana ayrılmıştır. Bkz. Şekil-6.8 / Şekil-6.9

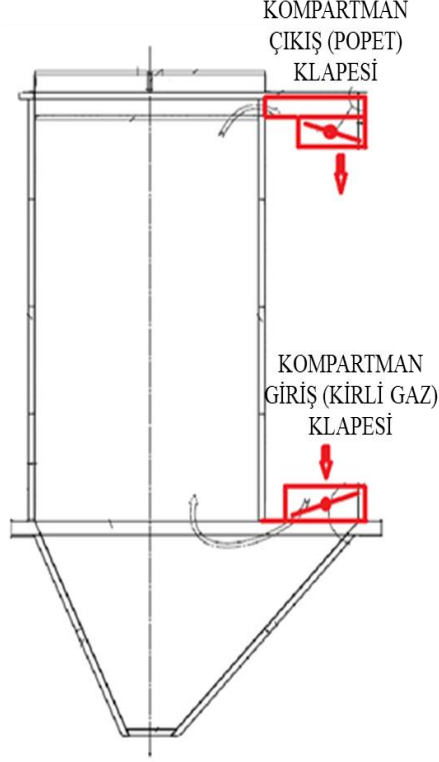


Şekil 22 Header, filtre ve bunkerlerin ayırma panelleri şematik gösterimi

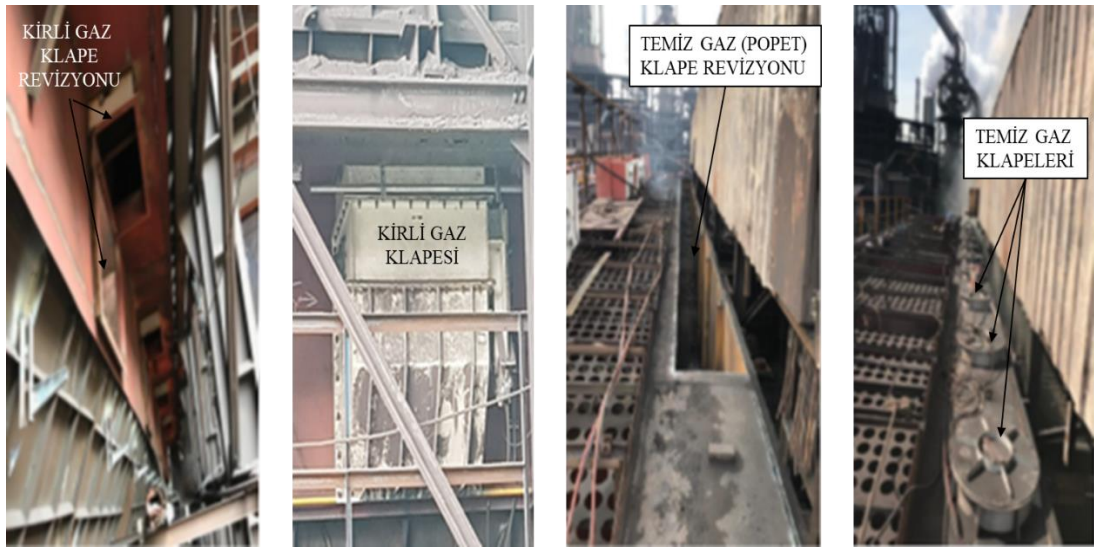


Şekil 23 Header, filtre ve bunkerlerin ayırma panelleri saha görseli

3. Adım: Mevcut filtrenin bölünmüş olan her kafa bölgesi çıkışına ve her bunker giriş bölgesine, yeni imal edilen olan 7 adet kompartıman giriş ve 7 adet çıkış klapeleri konulmuştur. Bkz. Şekil-6.10 / Şekil-6.11

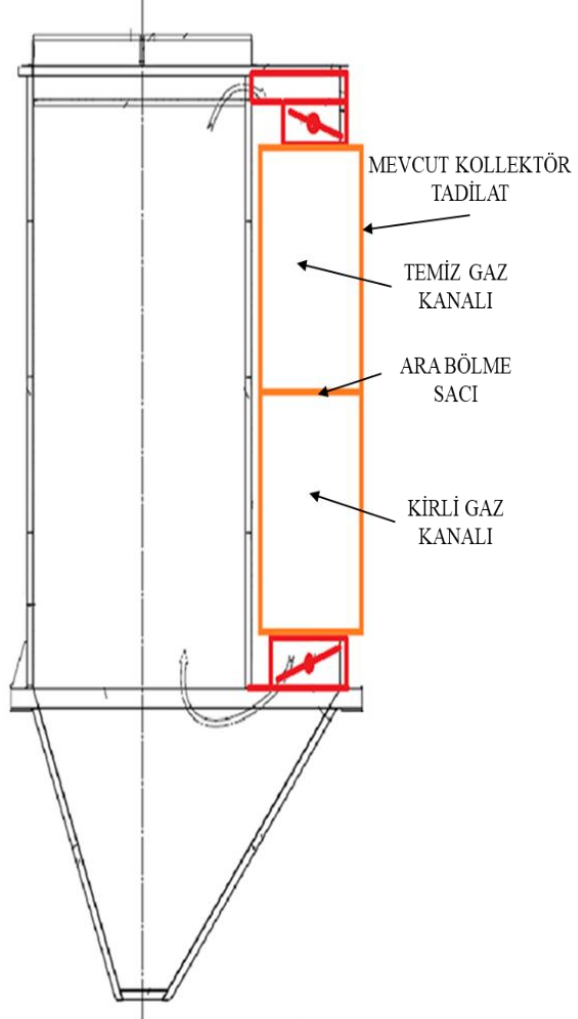


Şekil 24 Popet ve kirli gaz klapeleri ayırma panelleri şematik gösterimi



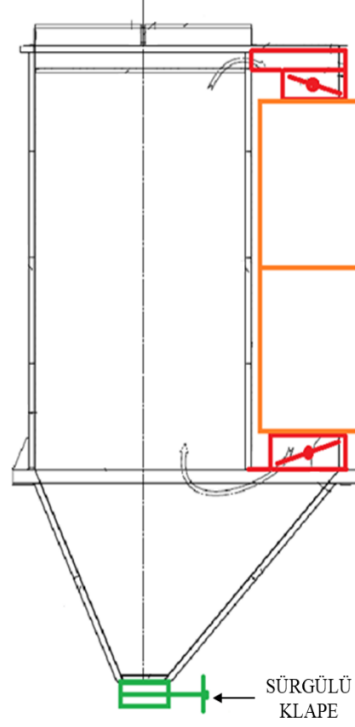
Şekil 25 Offline filtre kirli ve temiz gaz giriş ve çıkış klapeleri montaj görseli

4. Adım: Giriş ve Çıkış Klapelerinin arasına yeni yapılan giriş ve çıkış kolektörü montajı yapılmıştır. Bkz. Şekil-6.12

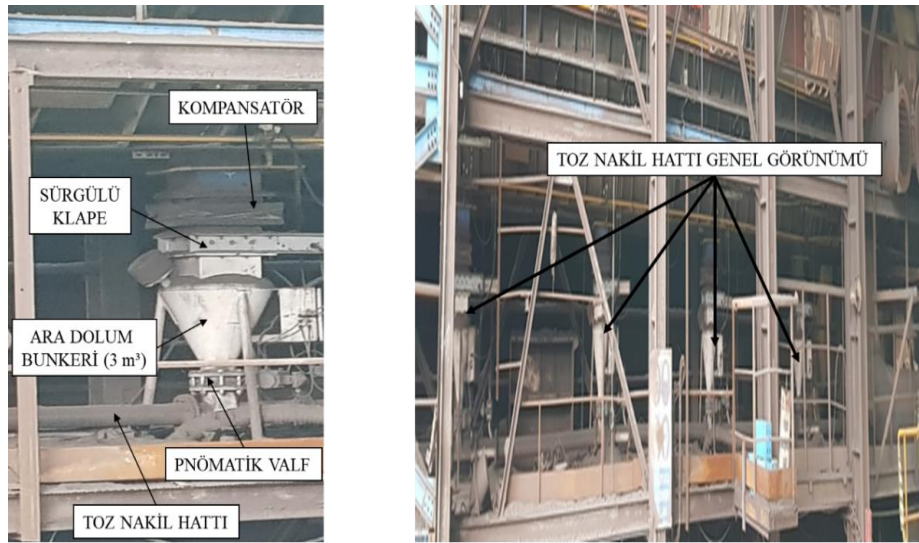


Şekil 26 Yeni giriş ve çıkış kolektörü konumlandırılması şematik gösterimi

5. Adım: Bunker döküş noktalarına, kompartımanlar bakıma alındığında, bunker döküş noktasını kapatmak için sürgülü klape ve toz nakil hatları montajları yapılmıştır. Bkz. Şekil-6.13 / Şekil-6.14’de Tozun bunkerden transfer edildiği bölüme sürgülü klape montajının şematik görünüşü ve sahada montajdan sonraki görseli verilmiştir.

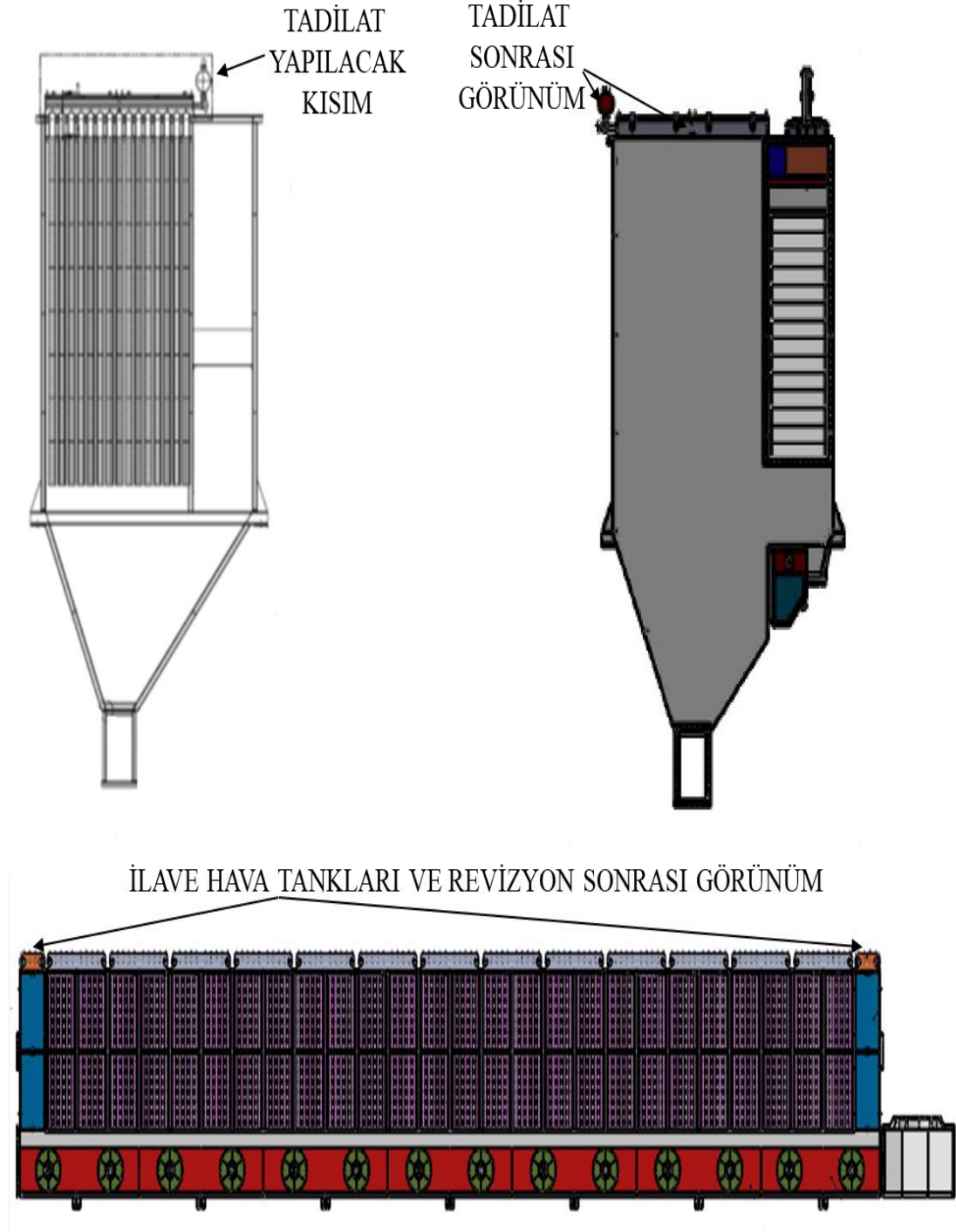


Şekil 27 Bunker döküş noktalarına sürgülü klape montaj şematik gösterimi



Şekil 28 Bunker döküş noktalarına ve toz nakil hattı genel görseli

6. Adım: İlave hava tanklarının montajı, mevcut hava tankları ve üfleme borularının online filtredeki konumlarının ters yönde değiştirilmesi, yürüyüş yolu ve bakım için platform montajı yapılmıştır. Bkz. Şekil-6.15 / Şekil-6.16

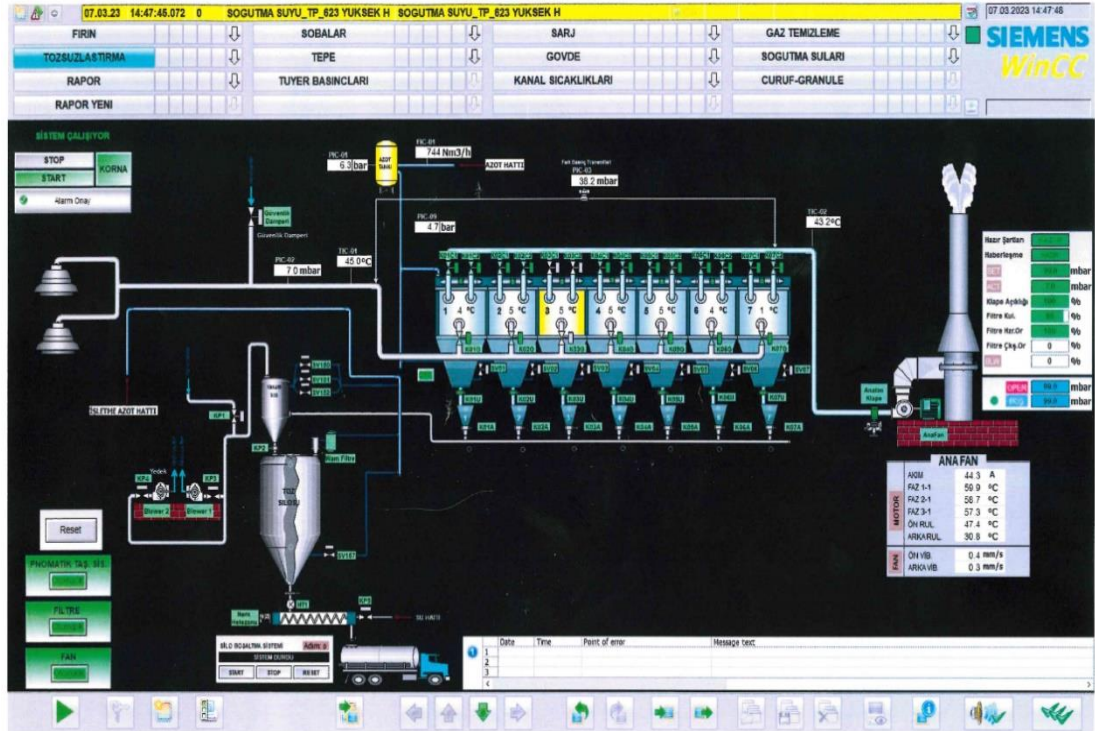


Şekil 29 İlave hava tankları, mevcut hava tankları ve üfleme borularının montajlarının şematik gösterimi



Şekil 30 İlave hava tankları, mevcut hava tankları ve üfleme borularının montajlarının saha montaj görseli

7. Adım: Mekanik olarak, offline tasarıma çevrilmiş olan torbalı filtre için, giriş ve çıkış klapelerinin temizleme valfleri ile senkronize çalışabilmesi için PLC yazılımı yapılmış ve filtre sisteminin tüm ekipmanları ile birlikte PLC/SCADA üzerinden kontrol ve takip edilmektedir. Bkz. Şekil-6.17



Şekil 31 Offline tasarıma çevrilmiş toz toplama sisteminin tüm ekipmanları ile birlikte PLC/SCADA üzerinden kontrol ve takibiyle ilgili görseli

6.3. OFFLINE SİSTEMİN AVANTAJLARI

Online sistemde filtre gövdesinin tek kompartıman halinde olmasından dolayı arıza veya bakım duruşlarında sistem komple duruşa alınmak zorunda kalınmaktaydı. Bu durum çevre kirliliği yani yüksek toz emisyonu ve olumsuz çalışma ortamının ortaya çıkmasına sebep olmaktaydı. Offline sisteme geçilmesi ile bu durum ortadan kalkmıştır. Kompartımanlar halinde olan yeni sistemde herhangi bir kompartıman bağımsız olarak devre dışı bırakılabilmektedir.

Filtrasyon hızı online sistemde yaklaşık $1,76 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{dk}$ 'dir ve yüksek olduğundan dolayı filtre torbalarının hasarlanmasına ve sık değişimine neden olmaktaydı. Hızın Çizelge 6.1'de belirtilen değerlerden ($1,3 - 1,6 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{dk}$) daha düşük seviyeye getirilmesi ile bu sorun ortadan kalkmıştır.

Online sistemde YF-1 ve YF-2 şarj besleme bunkerleride dahil toplamda 65 noktadan emiş yapılmaktaydı. Fırın önünde bulunan 3 adet büyük toz toplama kanalları hariç diğer geri kalan toz toplama kanalları ortalama 2000 ile 2500 m^3/h kapasiteli emiş noktası olması sebebiyle verimli bir toz emişi sağlanamıyordu. Revizyonla beraber toz toplama kanalı sayısı fırın önüne hitap edecek şekilde 3'e düşürülmüştür. Hitap edilen 3 noktadaki toz tutma kapasitesi ve hızları artırılmıştır.

Tüm bunlara karşın sisteme temiz ve kirli gaz klapeleri gibi ekipmanlar eklenerek sistemde kullanılan ekipmanların sayısında artış olmuştur. Bu artış bakım onarım noktalarının artmasına neden olmuştur-

BÖLÜM 7

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

2011 yılında devreye alınan Kardemir A.Ş 1 no'lu yüksek fırını montaj çalışmaları esnasında kurulumu tamamlanan fırın önü tozsuzlaştırma sistemi 400.000 m³/h olarak tasarlanmıştır. Zamanla sistem üzerine yapılan toz toplama kanalları eklemeleri yüzünden emiş hızlarının düşmesi sonucu verimsiz çalışma durumu ortaya çıkmıştır. Üstelik sistemin online olması sebebiyle toz emisyonu ile ilgili sıklıkla problemlerle karşılaşmıştır. Bu sebeplerden ötürü sistemde revizyon yapılması gerekliliği ortaya çıkmıştır. Revizyon çalışmaları neticesinde elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

- Tek kompartımanlı yapıya sahip olan online sistemde arıza, ekipman bakımı veya torba değişimi için sistem komple devre dışı bırakılmaktaydı. Bu sebeple toz, arıza veya bakım süresince yüksek oranda toz emisyonu ortaya çıkmaktaydı. Revizyon ile fan/motor arızası hariç arıza ve bakım durumlarında karşılaşılan toz emisyonu problemi ortadan kaldırılmıştır.
- Gereğinden fazla olan irili ufaklı yaklaşık 65 adet emiş noktası sebebi ile aktif bir toz toplama yapılamıyordu. Emiş noktası sayısının ana toz toplama kanalları olan 3 adede düşürülmesi ile fırın önü bölgesinden daha etkin toz toplama yapılmış ve emisyon azaltılmıştır. İşletme personeli ve bakım ekiplerinin daha temiz bir ortamda İSG kurallarına uygun çalışma durumu ortaya çıkmıştır.
- Kompartımanlı yeni yapı ile istenildiği zaman sistem durdurulmadan sisteme müdahale edilebildiğinden dolayı bakım kolaylığı sağlanmıştır. Torba problemlerinin ortaya çıktığı arıza durumlarında problemlili kompartıman devre dışı bırakılarak uygun zamanda müdahale edilebilir hale getirilmiştir.

- Sürücülü motor kullanımına geçilmesiyle emiş fanı istenilen devirde ayarlanabildiğinden dolayı enerji harcamasında azalma olmuştur. Eski sistemde enerji tüketimi 820 kWh iken şimdiki durumda 680 kWh'e düşmüştür.
- PLC/SCADA sistemi sayesinde sistem daha etkin ve kolay takip edilebildiğinden dolayı herhangi bir problemin anlık olarak tespiti yapılabilir hale gelmiştir.
- Online sistemde yılda harcanan toplam filtre torba değişimi 1950 adet iken Offline filtrasyondaki torba değişimi iki yılda bir ve 2100 adet olmuştur. Yılda yaklaşık olarak 9000 \$ tasarruf sağlanmıştır.

Sonuç olarak yapılan bu iyileştirme /revizyon çalışması ile sistem birçok yönden avantajlı hale getirilmiştir. Bundan sonra yapılacak çalışmalarda sistem bölgesine ve bacasına yerleştirilecek emisyon ölçüm sistemleri ile emisyon değerleri takip edilebilir. Ayrıca filtre torba malzemelerinde yaşanan gelişmeler ile geometri veya malzeme yönü ile yeni tip filtre torbaları kullanılarak maliyet ve emisyon değerlerinde iyileştirmeler sağlanabilir.

KAYNAKLAR

1. İnternet: Ankara Üniversitesi, “Hava Kirliliği ve Atmosfer”, https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/81428/mod_resource/content/0/3.%20Hava%20kirlili%C4%9Fi.pdf (2007).
2. İnternet: EPA, “Particulate Matter”, <https://www.epa.gov/pm-pollution> (2021).
3. Wessel, D., Reeves, G., Claridge, D., Kohloss, F., Rock, B., Underwood, D., Woodford, M., “IndoorEnvironmental Health”, Chapter9, ASHRAE Handbook CD in Fundamentals 2001 ed., *Owen, M.S.*, Atlanta, 165-225 (2009).
4. Alptekin, O., “Binalarda iç hava kalitesi toz partiküllerinin iç mekan hava kalitesi üzerindeki etkilerinin incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 22-25 (2007).
5. İnternet: Hüseyin Bulgurcu, “Havalandırma ve İç Hava Kalitesi”, http://deneysan.com/Content/images/documents/havalandirma-1_46167331.pdf (2014).
6. İnternet: Resmi Gazete, “Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği”, <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2008/06/20080606-6.htm> (Sayı:26898), (2008).
7. İnternet: Malzeme Bilimi, “Yüksek Fırın”, <https://malzemebilimi.net/yuksek-firin-nedir-yuksek-firin-bolumleri-sarj-malzemeleri-ve-urunleri-nelerdir.html> (2019).
8. İnternet: Bartın Üniversitesi, “Yüksek Fırın ve Kısımları”, <https://cdn.bartın.edu.tr>demircelikuretimisunu2.pdf> (2022).
9. İnternet: Çelik İhracatçıları Birliği, “Çelik Üretim Miktarı”, <https://www.cib.org.tr>istatistikler> (2022).
10. İnternet: Bartın Üniversitesi, “Demir Çelik Üretimi Sunumu-2”, <https://cdn.bartın.edu.tr/metalurji/d7ee7cd9-f063-4669-8e1c-393503ed6ffb/demircelikuretimisunu2.pdf> (2019).
11. İnternet: Söke Ticaret Odası, “Demir Çelik Sektör Raporu”, <https://www.sto.org.tr/Portals/15/sector-rapor/DEM%C4%B0R%20%C3%87EL%C4%B0K%20SEKT%C3%96R%20RAPORU%202021.doc> (2021).
12. İnternet: SteelData, “2021 Yılı Dünya Ham Çelik Üretimi”, <https://www.steel-data.com/post/155/2021de-dunya-celik-uretimi-37-artisla> (2022).

13. İnternet: Global Steel Plant Tracker, “Yüksek Fırın ile Üretim Yapan Demir Çelik Firmaları”,
https://docs.google.com/spreadsheets/d/1O16pFsPp7ZCFcCfQcIMK5ZID9bdYewM_m52Tk4W9c5U/edit#gid=1120082087 (2022).
14. İnternet: BusinessKorea, “Dünyanın En Büyük Yüksek Fırını”,
<http://www.businesskorea.co.kr/news/articleView.html?idxno=18317> (2017).
15. İnternet: Posco, “Dünyanın En Büyük Yüksek Fırını”,
<https://www.donga.com/en/List/article/all/20130610/406398/1> (2013).
16. İnternet: PoscoNewsroom, “Dünyanın En Büyük Yüksek Fırını”,
<https://newsroom.posco.com/en/posco-renovates-worlds-biggest-furnace-at-gwangyang-steelworks/> (2013).
17. İnternet: Wikiwand, “Yüksek Fırın”,
https://www.wikiwand.com/tr/Y%C3%BCksek_f%C4%B1r%C4%B1n (2015).
18. İnternet: Bartın Üniversitesi, “Demir Çelik Üretimi Sunumu-2”,
<https://cdn.bartın.edu.tr/metalurji/d7ee7cd9-f063-4669-8e1c-393503ed6ffb/demircelikuretimisunu2.pdf> (2019).
19. İnternet: Malzeme Bilimi, “Yüksek Fırın Bölümleri”,
<https://malzemebilimi.net/yuksek-firin-nedir-yuksek-firin-bolumleri-sarj-malzemeleri-ve-urunleri-nelerdir.html> (2019).
20. İnternet: Demir ve Çelik Üretimi Üzerine Uygulamalar ve Teknolojiler, “Demir Üretimi, Yüksek Fırınlar”,
<https://docplayer.biz.tr/49010850-Demir-ve-celik-uretimi-uzerine-uygulamalar-ve-teknolojiler.html> (2017).
21. Tunçkaya, Y., “Yüksek Fırın ve Termik Santrallerde Proses Parametrelerinin Kestirimine Yönelik Karşılaştırılmalı Uygulamalar”, Doktora Tezi, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Sakarya, 26-30 (2015).
22. İnternet: Murat Sezik, “Yüksek Fırınlar”,
<https://muratsezik.wordpress.com/2015/06/25/yuksek-firinlar/> (2015).
23. İnternet: Bartın Üniversitesi, “Demir Çelik Üretimi Sunumu-2”,
<https://cdn.bartın.edu.tr/metalurji/d7ee7cd9-f063-4669-8e1c-393503ed6ffb/demircelikuretimisunu2.pdf> (2019).
24. Bozkurt, E., “Yüksek Fırın Analizi ve Yapay Sinir Ağları ile Modellenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Sakarya, 19-20 (2007).
25. Çelebi, V., “Kardemir A.Ş. Yüksek Fırınlar Eğitim Notları”, *Kardemir A.Ş. Arşivi*, Karabük, 5-15 (2007).

26. Furtun F., “Pülvarize Kömür Enjeksiyonunun Yüksek Fırın Prosesine Etkileri ve Kardemir 4. Yüksek Fırın Uygulaması”, Yüksek Lisans Tezi, **Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Karabük 72-73 (2013).
27. İnternet: Teknofilter, “Toz Toplama Sistemleri İncelenmesi”, <http://teknofilter.com/sayfa/toz-toplama-sistemleri/> (2016).
28. İnternet: Teknofilter, “Toz Toplama Sistemleri Offline Filtre”, <http://teknofilter.com/sayfa/toz-toplama-sistemleri/> (2016).
29. İnternet: Bunkar Makina, “Sulu Filtre”, <https://bunkarmakina.com/sulu-filtre/> (2020).
30. İnternet: Simtes Havalandırma, “Jet Pulse Filtre Sistemleri”, <https://www.simteshavalandirma.com/detay-49-jet-pulse-filtre-sistemleri> (2015).
31. İnternet: Hemaş San. Tic. Ltd. Şti., “Mobil Filtre”, <http://www.hemas.com.tr/mobil-cift-kollu-kaynak-duman-emme-unitesi-urun-21> (2022).
32. İnternet: Bomaksan Endüstriyel Hava Filtrasyon Sistemleri, “Yağ Buharı Filtrasyon Sistemleri”, <https://bomaksan.com/wp-content/uploads/2022/07/Bomaksan-Yag-Buhari-Filtrasyonu.pdf> (2018).
33. İnternet: Resmi Gazete, “Endüstriyel Tesislerden Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği”, <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2006/07/20060722-5.htm> (2006).
34. İnternet : Hüseyin Bulgurcu ve Volkan Şahin, “Havalandırma Fanları”, <https://docplayer.biz.tr/13561970-Bolum-4-havalandirma-fanlari-hazirlayanlar-huseyin-bulgurcu-volkan-sahin.html> (2016).
35. İnternet : Hüseyin Bulgurcu ve Volkan Şahin, “Kayış-kasnak, kaplin tahrikli, tek ve çift emişli radyal fanlar”, <https://docplayer.biz.tr/13561970-Bolum-4-havalandirma-fanlari-hazirlayanlar-huseyin-bulgurcu-volkan-sahin.html> (2022).
36. İnternet : Polimak, “Filtre Tozu Taşıma Sistemi”, <https://polimak.com/urun/filtre-tozu-tasima-sistemi/> (2023).
37. İnternet : Teknofilter, “Endüstriyel Toz Toplama Sistemleri Filtre Üniteleri”, <http://teknofilter.com/blog/endustriyel-toz-toplama-sistemleri-filtreleri-unitesi/> (2017).
38. Bilgili, M., Şimşek, E., Polat, Y., Yaşar, A., “Havalandırma Sistemleri”, **Adana Meslek Yüksek Okulu Yayınları No:1**, Adana (2013).

39. İnternet : Donaldson, “Downflo Evolution Dust Collectors”, <https://www.donaldson.com/content/dam/donaldson/dust-fume-mist/literature/north-america/equipment/dust-collectors/cartridge/downflo-evolution/f118005/Downflo-Evolution-Dust-Collector.pdf> (2022).
40. Morgan, L. “Air Filter Assembly”, *Patent No. 5.972.059*, U.S., (1999).
41. İnternet: Camfil Air Pullution Control. “The Power Of Gold Cone Filters”, <https://camfilapc.com/download/gold-cone-workwell> (2023).
42. Saleem, M., Krammer, G., “Effect of filtration velocity and dust concentration on cake formation and filter operation in a pilot scale jet pulsed bag fitler”, *Journal of Hazardous Materials*, 144, 677–681 (2007).
43. Feng, Z., Long, Z. and Chen, Q., “Assessment of various CFD models for predicting airflow and pressure drop through pleated filter system”, *Building and Environment*, 75: 132-141 (2014).
44. Li, J., Li, S. and Zhou, F., “Effect of cone installation in a pleated filter cartridge during pulse-jet cleaning”, *Powder Technology*, 284: 245–252 (2015).
45. Andersen, B.O., Nielsena, N.F. and Walther J.H., “Numerical and experimental study of pulse-jet cleaning in fabric filters”, *Powder Technology*, 291: 284–298 (2016).
46. Solari, F., Tagliavini, G., Montanari, R., Bottani, E., Malagoli, N. and Armenzoni, M., “CFD Model Validation of a Bag Filter for Air Filtration in a Milling Plant”, *Proceedings of the International Food Operations and Processing Simulation Workshop*, Spain, 73-82 (2017).
47. Kim, J., Hwangb, J., Choi, H. and Lee, M., “Effective filtration area of a pleated filter bag in a pulse-jet bag house”, *Powder Technology*, 311: 522–527 (2017).
48. Xi, Y., Dai, Y., Xiao, Y., Cheng, K., Xiao, T., and Zhao, S., “Internal Flow Field Uniformity Study of Dust Collector for A Street Vacuum Sweeper Based on CFD”, *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 272: 1-6 (2017).
49. Xie, B., Li, S.H., Jin, H., Hu, S., Wang, F. and Zhou, F. B., “Analysis of the performance of a novel dust collector combining cyclone separator and cartridge filter”, *Powder Technology*, 339: 695–701 (2018).
50. Beypazarlı, Ş., “Toz Toplama Sisteminin Tasarımı ve Analizi”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 4-5 (2021).
51. İnternet: Resmi Gazete, “Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrol Yönetmeliği”, <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=13184&MevzuatTur=7&MevzuatTertip=5> (2009).

52. akmanus, İ., “Endüstriyel Filtrelerde Seçim, Tasarım ve Esasları”, **B2B Medya Teknik Sektör Yayıncılığı A.Ş.**, İstanbul, 163-164 (2014).

ÖZGEÇMİŞ

Fatih KULAKSIZ dört çocuklu bir ailenin en büyük çocuğu olarak doğdu ve Balıkesir Üniversitesi Mimarlık-Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği bölümünden 2009 yılında mezun oldu. 2010 yılında özel bir şirkette şantiye şefi olarak işe başladı. 2012 yılında Çelik konstrüksiyon ve talaşlı imalat üzerine faaliyet gösteren Timco Makine firmasında tasarım ve imalat bölümünde görevine devam etti. 2014 yılında Kardemir A.Ş. Yatırımlar Müdürlüğü'nde Kontrol Mühendisi olarak göreve başlamış olup, Makine Yatırımlar Mühendisi olarak devam etmektedir. 2020 yılında Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim dalında yüksek lisans eğitimine başladı.