

93759

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DÖKÜMHANELERDE İÇ ORTAM HAVA
KALİTESİNİN PARTİKÜL BAZINDA
ARAŞTIRILMASI**

Çevre Müh. Murat ÇALI

F.B.E Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı Çevre Mühendisliği Programında
Hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Doç. Dr. M. Talha GÖNÜLLÜ

İSTANBUL, 2000

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ.....	v
KISALTMA LİSTESİ.....	vi
ŞEKİL LİSTESİ.....	vii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	ix
ÖNSÖZ.....	x
ÖZET.....	xi
ABSTRACT.....	xii
1 GİRİŞ.....	1
2 İÇ ORTAM HAVA KİRLENMESİ.....	2
2.1 İç Ortam.....	2
2.2 İç Ortam Hava Kirleticileri.....	3
2.2.1 Partiküller.....	6
2.2.2 Radon.....	6
2.2.3 Asbest.....	7
2.2.4 Tütün dumanı.....	7
2.2.5 Formaldehit.....	8
2.2.6 Azot oksitler.....	8
2.2.7 Uçucu organik bileşikler.....	8
2.3 İç Ortam Hava Kalitesinin Önemi.....	8
2.4 İç Ortam Hava Kalitesi ile İlgili Çalışmalar.....	9
2.5 İç Ortam Hava Kalitesini Etkileyen Faktörler.....	10
2.5.1 Dış ortam konsantrasyonları.....	11
2.5.2 İç ortam hava kirletici kaynakları.....	11
2.5.3 Hava değişim oranı.....	12
2.5.4 Hacim.....	15
2.6 Kirletici Özellikleri.....	17
2.7 İç Ortam Hava Kalitesinin Düşüklüğü Durumunda Oluşan Bazı Sorunlar.....	17
2.7.1 Hasta bina sendromu (SBS- Sick building syndrome).....	17
2.7.2 Bina bağlantılı hastalık (BRI- building related illness).....	18
2.7.3 Karışık kimyasallara duyarlılık (MCS- multiple chemical sensitivity).....	18
2.7.4 Lejyoner hastalığı (legionnaire disease).....	18
2.7.5 Karbonmonoksit zehirlenmesi.....	19
2.7.6 Biyoaerosoller.....	19
2.7.7 Tozların sebep olduğu hastalıklar.....	19
3 PARTİKÜLLER VE SAĞLIK ETKİLERİ.....	20

3.1	Partiküller.....	20
3.2	Toz Partiküllerinin Sağlık Açısından Önemi.....	22
3.2.1	Burun	23
3.2.2	Yutak.....	24
3.2.3	Gırtlak ve nefes borusu	24
3.2.4	Bronşlar ve alveoller.....	24
3.3	Biyolojik Etkileri Açısından Tozlar.....	25
3.3.1	Toksik tozlar	25
3.3.2	Kanserojen tozlar	25
3.3.3	Radyoaktif tozlar.....	25
3.3.4	Alerjik tozlar	25
3.3.5	Fibrojenik tozlar.....	26
3.3.6	İnert tozlar	26
3.4	Tozların Sebep Olduğu Hastalıklar.....	26
3.4.1	Mineral veya metalik tozlarla meydana gelen pnömokonyozlar	26
3.4.1.1	Proliferatif-sklerojen pnömokonyozlar	27
3.4.1.2	Bazı mineral tozlarla meydana gelen birikme pnömokonyozları	29
3.4.2	Organik tozlarla meydana gelen pnömokonyozlar	29
4	İÇ ORTAM HAVA KALİTESİNİN İYİLEŞTİRİLMESİ.....	30
4.1	Genel.....	30
4.2	Havalandırma Sistemleri.....	30
4.2.1	Havalandırma metotları	30
4.2.1.1	Doğal havalandırma (güç kullanılmadan yapılan havalandırma).....	30
4.2.1.2	Mekanik havalandırma (güç kullanılarak yapılan havalandırma)	31
4.3	İdeal Bir Havalandırma Tesisatının Özellikleri	31
4.4	Genel Havalandırma	32
4.5	Gerekli Hava İhtiyacı.....	32
4.6	Endüstriyel Hava Çekme Sistemleri	33
4.6.1	Yerel hava çekme sistemi	33
4.6.1.1	Yerel hava çekme sistemi parçaları	34
4.7	Başlıklar	24
4.7.1	Yakalama hızı	26
4.7.2	Çekilecek hava debisi	37
4.7.3	Isı çıkaran prosesler için kullanılan başlıklar.....	40
4.7.4	Başlık giriş yük kayıpları.....	41
4.8	Fanlar	42
4.8.1	Fanlarla ilgili terminoloji, kısaltmalar ve tanımlamalar	42
4.8.2	Fan Yasaları	45
4.8.2.1	Fanın devir sayısındaki değişimin etkisi.....	45
4.8.2.2	Fan ölçülerinde yapılan değişikliğin etkisi	46
4.8.2.3	Yoğunluğun etkisi.....	47
4.8.3	Fan tipleri	47
4.8.3.1	İleri kavisli santrifüj fan.....	48
4.8.3.2	Geri kavisli santrifüj fan	49
4.8.3.3	Radyal bıçaklı fan	49
4.8.3.4	Tüplü santrifüj fan.....	49
4.8.3.5	Eksenel fan.....	50
4.8.4	Fan seçimi	50
4.9	Filtrasyon ve İç Ortam Hava Kalitesinin İyileştirilmesi.....	51
4.9.1	Dış ortam havasının temizlenmesi	53

4.9.2	Hava filtrasyonu çalışmalarındaki gelişim	54
4.9.3	İç ortam kalite kontrol stratejileri	55
4.9.4	Kirletici gaz içeren havanın temizlenmesi	55
4.9.4.1	Adsorpsiyon	55
4.9.4.2	Kemisorpsiyon	56
4.9.5	Partikül tutulması ve tutulma mekanizmaları	56
5	DÖKÜMHANELER VE ÇEVRE KİRLENMESİ PROBLEMLERİ.....	58
5.1	Genel	58
5.2	Türkiye’de Döküm Endüstrisi	58
5.3	Döküm Sanayisi İşletme Prosesi.....	61
5.4	Dökümhanelerde İç Ortam Hava Kalitesi Problemleri.....	64
5.5	Döküm Sektöründe Partikül Emisyon Kaynakları.....	65
5.5.1	Kupol ocakları.....	66
5.5.2	Kum işleme	67
5.5.3	Döküm sahası.....	67
5.6	Dökümhanelerde Kullanılabilen Partikül Tutma Sistemleri.....	67
5.6.1	Siklonlar	68
5.6.2	Islak arıtıcılar	68
5.6.3	Filtreler.....	69
5.6.3.1	Torbalı filtreler.....	69
5.6.3.2	Elektrostatik filtreler	70
6	DÖKÜMHANELERDE İÇ ORTAM HAVA KALİTESİ ARAŞTIRMASI.....	71
6.1	Materyal ve Metotlar.....	71
6.2	DeneySEL Araştırma Sonuçları	74
6.2.1	Büyük Kapasiteli Dökümhanelerdeki Ölçüm Sonuçları.....	74
6.2.2	Küçük Kapasiteli Dökümhanelerdeki Ölçüm Sonuçları.....	81
7	SONUÇ ve ÖNERİLER	92
KAYNAKLAR.....		95
ÖZGEÇMİŞ.....		97

SİMGE LİSTESİ

A	Kesit alanı
AHP	hava beygir gücü
BHP	Fren beygir gücü
C _o	Yük kaybı katsayısı
CO	Karbon monoksit
D	Fan çapı
d	Gazın yoğunluğu
df	Düzeltilme faktörü
HCOH	Formaldehit
h _e	Başlık yük kaybı
M.E.	Mekanik verim
NO ₂	Azot dioksit
P _v	Hız basıncı
Q	Hacimsel debi (CFM)
R	Fan devir sayısı (RPM)
Rn	Radon
S.E.	Statik verim
SO ₂	Kükürt dioksit
SP	Statik basınç
TS	İkincil hız
V	Ortalama akım hızı
VP	Fan hız basıncı
x	Başlık yüzeyinden kirleticilerin geldiği noktaya merkezi olarak uzaklık
ρ	Yoğunluk

KISALTMA LİSTESİ

ACH	Air changes per hour
ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers
BRI	Building related illness
EPA	Environmental Protection Agency
GAC	Granule activated carbon
MCS	Multiple chemical sensitivity
NAAQS	National Ambient Air Quality Standards
NIOSH	National Institute of Occupational Safety and Health
NRC	National Research Council
ppb	Milyarda bir
SBS	Sick building syndrome
TVOC	Total volatile organic carbon
VOC	Volatile organic carbon



ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1	Dış ortam konsantrasyonlarının iç ortam konsantrasyonlarına etkisi (Nagda, Rector, ve Koontz, 1986)	11
Şekil 2.2	İç ortam kaynaklarının çalışması süresince iç ortam konsantrasyonlarına olan etkileri (Nagda, Rector, ve Koontz, 1986)	12
Şekil 2.3	0.9 ACH'da dış ortam konsantrasyonlarının iç ortam konsantrasyonlarına etkisi (Nagda, Rector, ve Koontz, 1986)	13
Şekil 2.4	0.1 ACH' da dış ortam kons.un iç ortam konsantrasyonlarına olan etkisi (Nagda, Rector, ve Koontz, 1986)	13
Şekil 2.5	Hava değişimi ve iç ortam kaynaklarının iç ortam konsantrasyonu üzerine etkisi (Nagda, Rector, ve Koontz, 1986)	14
Şekil 2.6	Yaz ve kış günleri için aynı ortamda oluşan saatlik hava giriş oranları (Nagda, Rector, ve Koontz, 1986)	15
Şekil 2.7	Yapının hacminin iç ortam kirletici konsantrasyonuna etkisi (Nagda, Rector, ve Koontz, 1986)	16
Şekil 2.8	Sirkülasyon fanının iç ortam radon konsantrasyonu üzerine etkisi (Nagda, Rector, ve Koontz, 1986)	16
Şekil 2.9	Yanmayı takip eden NO ₂ ve CO konsantrasyonundaki azalmanın mukayesesi (Nagda, Rector, ve Koontz, 1986)	17
Şekil 3.1	Solunum yollarının diyagram halinde ifadesi (Drinker, 1954)	24
Şekil 4.1	Günümüzde kullanılan başlık türlerine örnekler (Woodside, 1993)	35
Şekil 4.2	Kapalı ve açık başlıklar (ASHRAE Handbook, 1984)	36
Şekil 4.3	Hava akımını/dağıtımını düzenlemeye yarayan engelleyici plakalar (ASHRAE Handbook, 1984)	38
Şekil 4.4	Dairesel açıklıklar için hız konturları (ASHRAE Handbook, 1984)	38
Şekil 4.5	Dörtgen başlık için hız konturları (kenar oranları 1/3) (ASHRAE Handbook, 1984)	39
Şekil 4.6	Tezgah üzerine yerleştirilen başlık (ASHRAE Handbook, 1984)	40
Şekil 4.7	Tipik başlıklar için giriş yük kayıpları (ASHRAE Handbook, 1984)	41
Şekil 4.8	Fan toplam basıncı (Markert, 1969)	43
Şekil 4.9	Fan statik basıncı (Markert, 1969)	43
Şekil 4.10	Fan hız basıncı (Markert, 1969)	44
Şekil 4.11	Uygulama oranı (Markert, 1969)	45
Şekil 4.12	Çap değişikliğinin etkisi (uç hızı sabit)	46
Şekil 4.13	Çap değişiminin etkisi (Devir sayısı sabit)	46
Şekil 4.14	Santrifüj fan hız bileşenleri	48
Şekil 4.15	Tüplü santrifüj fan	49
Şekil 4.16	Adsorblama verimine bekleme süresinin etkisi (Liu ve Huza, 1995)	53
Şekil 4.17	Dış ortam havasının temizlenmesi için hızlı filtre seçim (Liu ve Huza, 1995)	54
Şekil 5.1	Pik demir döküm işletme akım şeması	62
Şekil 5.2	Bir endüksiyon ocağında yapılan pik demir ergitme işlemi	62
Şekil 5.3	Otomatik kalıplama makinesi	63
Şekil 5.4	Erişik metalin kalıplara dökme işlemi	63
Şekil 5.5	Dökümü yapılan metalin kumlardan ayırt edilmesi ve kırılması işlemi	64
Şekil 6.1	Ölçüm için kullanılan cihazın şematik görünüşü	72
Şekil 6.2	İnhalable partikül için kullanılan başlık	72
Şekil 6.3	Respirable partikül ölçümü için kullanılan başlık	73
Şekil 6.4	Dökümhanelerde çalışan toplam eleman sayısı	82
Şekil 6.5	Kullandıkları ham madde miktarlarına göre dökümhaneler	85
Şekil 6.6	Ürün miktarlarına göre dökümhaneler	86
Şekil 6.7	Kullandıkları malzemelere göre dökümhane sayıları	86

Şekil 6.8	Küçük dökümhanelerdeki inhalable partikül ölçüm sonuçları.....	89
Şekil 6.9	Küçük dökümhanelerdeki respirable partikül ölçüm sonuçları	89
Şekil 6.10	Küçük dökümhanelerde inhalable partikül konsantrasyon görülme sıklıkları..	90
Şekil 6.11	Kullanılan malzemeye göre ölçüm sonuçları sınır değeri aşan dökümhane sayıları	90



ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 2.1	İç ortam hava kirleticilerinin kaynakları ve ortalama konsantrasyonları (Nagda, Rector ve Koontz,1986).	4
Çizelge 2.1	(Devamı)	5
Çizelge 2.1	(Devamı)	6
Çizelge 3.1	Toz partiküllerinin büyüklüklerine göre tutuldukları bölgeler (Drinker, 1954).....	24
Çizelge 4.1	Yakalama hızları (ASHRAE Handbook, 1984)	36
Çizelge 4.2	Çeşitli partikül kontrol tertibatlarında tutma yüzeyleri (Ertürk, 1994).....	57
Çizelge 5.1	Yıllara göre Türkiye'deki dökümhanelerin toplam üretim miktarları (ton) (TÜDÖKSAD, 1999).....	59
Çizelge 5.2	Dökümhanelerde üretilen materyallerin yıllara göre ihraç miktarları (ton) (TÜDÖKSAD, 1999).....	60
Çizelge 5.3	1977-95 yıllarında Türk demir ve çelik döküm sektöründeki üretim miktarları	61
Çizelge 5.4	Kupollerden kaynaklanan partiküllerin kimyasal bileşimi (Stern, 1977)	66
Çizelge 5.5	Kupol emisyonlarının partikül boyut dağılımı (Stern, 1977).....	67
Çizelge 6.1	Ölçüm yapılan büyük kapasiteli dökümhanelere ait temel özellikler	74
Çizelge 6.2	Dökümhanelerdeki kapalı alan boyutları ve çalışan işi sayısı	75
Çizelge 6.3	1 no'lu dökümhanede yapılan ölçüm sonuçları	76
Çizelge 6.4	2 no'lu dökümhanede yapılan ölçüm sonuçları	78
Çizelge 6.5	3 no'lu dökümhanede yapılan ölçüm sonuçları	79
Çizelge 6.6	4 no'lu dökümhanede yapılan ölçüm sonuçları	79
Çizelge 6.7	5 no'lu dökümhanede yapılan ölçüm sonuçları	80
Çizelge 6.8	7 no'lu dökümhanede yapılan ölçüm sonuçları	80
Çizelge 6.9	Büyük tesislerde birimlerde iç ortam partikül miktarları.....	81
Çizelge 6.10	Büyük tesislerde tüm ölçümlere ait değerlendirme.....	81
Çizelge 6.11	Küçük kapasiteli dökümhanelere ait üretim bilgileri.	82
Çizelge 6.11	(Devam).....	83
Çizelge 6.11	(Devam).....	84
Çizelge 6.11	(Devam).....	85
Çizelge 6.12	Dökümhanelerdeki ölçüm yapılan yerler ve ölçüm sonuçları, mg/m ³	87
Çizelge 6.12	(Devamı)	88
Çizelge 6.13	Küçük tesislerde birimlerde iç ortam partikül miktarları	91
Çizelge 6.14	Küçük tesislerde tüm ölçümlere ait değerlendirme.....	91
Çizelge 7.1	Büyük/küçük tesislerde ve sektör genelinde iç ortam partikül miktarları.....	93

ÖNSÖZ

Ülkelerin gelişen teknolojileri insanların refah seviyelerini artırmasına rağmen, bu bazı sorunları da beraberinde getirmektedir. Özellikle insanların günlük yaşantılarının yaklaşık %90'ını kapalı ortamlarda geçirdikleri göz önüne alınırsa, iç ortamların sağlık ve konfor açısından güvenilirliğinin ön planda tutulması gerekmektedir. İç ortam hava kalitesi konusu, günümüzde oldukça önemli bir parametre olarak karşımıza çıkmaktadır. Ülkemizde özellikle yakma proseslerinin bulunduğu çeşitli sanayi kollarında işçiler, hava kalitesi açısından oldukça sağlıklı yerlerde çalışmaktadırlar. Dökümhaneler, bu konuda en sorunlu sektörlerin başında yer almaktadırlar.

Bu çalışmada, dökümhanelerde partikül bazında iç ortam hava kalitesinin belirlenmesi için ölçümler yapılmış ve araştırmaların sonucunda yapılması gereken düzenlemeler için bir takım öneriler sunulmuştur.

Çalışmaların yürütülmesi ve yönlendirilmesindeki katkıları, gösterdiği yakın alaka ve desteği sebebiyle sayın Hocam Doç. Dr. M. Talha GÖNÜLLÜ'ye şükranlarımı arz ederim. Çalışmalarım esnasında yardımlarını esirgemeyen sayın Hocam Prof. Dr. Ferruh ERTÜRK'e, bu günlere gelmemde emekleri olan Hocalarıma, Araştırma Görevlisi mesai arkadaşlarıma ve manevi desteklerini esirgemeyen anneme ve babama teşekkür etmeyi bir borç bilirim.

Murat ÇALI

ÖZET

Üretim proseslerinden kaynaklanan partikül maddeler, işçi sağlığı açısından önemli akut ve kronik zararlar doğurabilmektedir.

Dökümhaneler, iç ortam partikül kirliliği sorununa sahip endüstriyel sektörler içinde önde gelmektedir. Günümüzde, Türk döküm endüstrisinin, Avrupa ve diğer ülkelerdeki döküm malzemesi kullanıcılarına döküm malzemesi tedarik etmede önemli bir paya sahip olması ve bu paydaki artış eğilimi; bu sektörün işçi sağlığı açısından önemini pekiştirmektedir.

Demir ve demirdışı maddeler ile yapılan döküm işlerinde partikül ve gazlar oluşturabilen muhtemel işler: Ergitme işlemi, Dökülmüş malzemenin kumdan ayrılması için sarsıldığı ve kumun hazırlandığı işlemler ve Kalıba erimiş metalin dökülmesi işlemi şeklinde belirlenmiştir. Yukardaki kirletici kaynaklara ilave olarak metal ramatı işi yapılan küçük dökümhanelerdeki eleme işlemleri de verilebilir.

Bu tezde döküm işlemleri sırasında oluşan partiküllerin miktarı ve özelliklerinin belirlenmesi ve alınması gerekli tedbirlerin sunulması amaçlanmıştır. Bu amaçla; 7 büyük (fabrika) ve 45 küçük kapasiteli (atölye) tesiste çeşitli noktalardaki iç ortam havasında partikül madde tayinleri yapılmıştır. Ölçümler, partikül kaynağına yakın olarak çalışanların üzerine yerleştirilen portatif bir cihaz yardımı ile yapılmıştır. Cihaz ile iç ortamdaki inhalable ve respirable partiküller tutulmuş ve partikül miktarları belirlenmiştir.

Büyük tesislerde genelde kirli havayı çekme sistemleri mevcuttur. Fabrikalarda en çok tozun oluşmasına neden olan birimin kum hazırlama birimi olduğu belirlenmiştir: inhalable: 16.5 mg/ m³ ve respirable: 9.9 mg/m³. Potaların üstünde ise bunlara ait değerlerin sırasıyla 11.6 ve 5.3 mg/m³ konsantrasyonları mevcuttur. Bu tesislerin içinin tümünü karakterize eden ortalama değerler ise inhalable: 8.9 ve respirable: 7.4 mg/ m³ şeklinde belirlenmiştir.

Küçük tesislerde ise inhalable partikül miktarı ortalama 19.6mg/m³, respirable partikül miktarı ise 8.6 mg/m³ olarak belirlenmiştir.

Yapılan tüm deneysel çalışmalar sonucunda; genelde büyük/küçük döküm tesislerinin inhalable ve respirable partiküller açısından ulusal ve uluslararası yönetmelik ve standartlara uymadığı görülmüştür. Büyük tesislerde havalandırma sistemlerinin bulunması nedeniyle nispeten daha iyi sonuçlar elde edilmiştir.

Tez çalışması kapsamında elde edilen bulgulardan yola çıkarak; sektörde havalandırma sistemlerinin mutlaka kurulması ve düzenli bir şekilde çalıştırılmasının gerektiği belirlenmiştir. Keza, çalışanların da periyodik sağlık kontrolleri yapılmalı ve maske kullanma özendirilmeli, gerektiğinde zorunlu getirilmelidir.

Anahtar Kelimeler: İç ortam hava kalitesi, toz, partikül, dökümhane, havalandırma sistemleri

ABSTRACT

Particulate matters resulting from manufacturing processes may produce some acute and chronic harms for worker health.

Foundries come almost ahead of industrial sectors having indoor atmosphere particulate material problem. Today's Turkish Foundry Sector has an important share for supply casted material to European and other countries, and this share is getting enlarged every year. This case is making worker health's importance in the sector consolidated.

Possible particulate and waste gas producing processes in ferrous and non-ferrous foundry plants are: metal melting crucible, moulding sand preparation, sand mould preparation, moulding and separation of moulded material from sand mould. As another source, sifting facilities made at small metal recovery plants can be counted.

In the thesis, determination of amounts and specifications of particulate matters being produced during various foundry processes, and presentation of measures have to be taken in the plants are aimed. For this purpose, determinations of indoor air particulate materials at various manufacturing units of 7 large and 45 small foundry plants were made. Measurements were carried out at worker point subjected to particulate source, by adapting a personal instrument (SKC 224-PCXR8) on every worker. Inhalable and respirable particulates from indoor air were sampled by the instrument, and later determined by weighting.

In large plants usually there was an exhaust system to take out the polluted air. In those plants, sand preparation unit was determined that is the most particulate matter producing unit: inhalable: 16.5 mg/m^3 and respirable: 9.9 mg/m^3 . Air from metal melting crucibles has had subsequently: 11.6 and 5.3 mg/m^3 . Average concentrations determined for overall medias at large scale plants were as: inhalable: 8.9 and respirable: 7.4 mg/m^3 .

Average concentrations obtained for small scale plants were as: inhalable: 19.6 mg/m^3 and respirable: 8.6 mg/m^3 .

At the result of the experimental studies, inhalable and respirable particulate matters in indoor air of all foundries (both of large and small) were generally exceeding national and international standards and regulations. Because of having ventilation systems, better results were obtained in large plants. In this negative findings, large plants having exhausting system have much better indoor air quality than small plants.

By means of findings from the thesis study, it is determined that exhausting system to clean up the indoor air in the industrial sector should be assembled and operated adequately. Furthermore, routine health inspections for workers should be done, and mask using during work should be encouraged or hardened.

Key Words: Indoor air quality, dust, particulate, foundry, exhausting systems

1 GİRİŞ

Nüfusun ve sanayileşmenin günümüze kadar gelen ve gelecek için düşündürdüğü boyutunun çağrıştırdığı kaçınılmaz çevre sorunları, yarının çevre açısından daha zor şartlarda olacağını göstermektedir. Yeme, içme gibi doğal ihtiyaçlar yanında, temiz hava solumaya da ihtiyaç duyulmaktadır. İnsanlar yemeden içmeden belirli bir süre yaşayabilmektedirler. Ancak solumadan hayatta kalmaları söz konusu değildir. Bu durum, insanların gün boyunca yaşadıkları veya yaşamaya mecbur oldukları ortamlarda, temiz havayı solumalarının ne kadar önemli olduğunu ortaya koymaktadır.

Solunacak hava, temin edilen ortama göre, iç ve dış ortam olarak ikiye ayrılmaktadır. Bu ortamlarda yaşama ve kalma durumuna göre istenen hava kalitesi değişmektedir. İnsanoğlunun dış ortamlardaki fiziksel olumsuz şartlardan korunmak amacı ile barınaklarda yaşamaya başlamasından bu yana, iç ortamlarda kalma süreleri ilerleyen zamanla daha da artmıştır. Yaşamın barınma, işte çalışma, uyuma, yeme-içme vb. gibi faaliyetlerini içine alan ve günlük yaşamın en önemli bir diliminin geçirildiği iç ortamın hava kalitesinden istenenler de doğal olarak artmıştır. İnsanlarda meydana gelen sağlık problemlerindeki ve ölümlerdeki artışlardan dolayı, iç ortam hava kalitesinin (indoor air quality) düzeltilmesi ve korunması ile ilgili konular son yıllarda en çok araştırma gereksinimi duyulan konulardan biri olmuştur.

İç ortam hava kalitesi kompleks bir konu olmakla birlikte, basitçe iki temel konu altında toplanabilir. Bunlar insan sağlığı ve konfordur. Bu ikisi birbirleri ile etkileşim halinde olmalarına rağmen aralarında birtakım farklar vardır. Örneğin konuşma, ışık, sıcaklık, nispi nem, hava hareketleri ve gürültü seviyeleri insan konforu ile ilgili; iç ortam hava kirleticilerin etkisi ise insan sağlığı ile ilgili parametrelerdir. İç ortam hava kirleticileri, konforu da etkileyeceğinden bu iki parametre iç içedir denilebilir. Ancak konforun, insan sağlığı önceliğinden sonra geldiği de aşıkardır. Çünkü konfor için gerekli parametreler, örneğin nem, ışık, sıcaklık ve havalandırma oranı, bazı temel alt yapı ve donanım ile çözülebilir. Ancak baş ağrısı, yorgunluk, öksürme ve göz nezlesi gibi bazı olumsuz insan sağlığı etkilerini ortaya çıkaran parametreleri bertaraf etmek konforu etkileyen parametrelerinkine göre daha zordur. İç ortam hava kirleticileri nedeniyle yukarda sayılan olumsuz sağlık etkilerine karşılık, ölümler biten hastalıklar da söz konusu olabilmektedir.

2 İÇ ORTAM HAVA KİRLLENMESİ

2.1 İç Ortam

“İç ortam” kavramının tanımından önce, “çevre” ve “yaşanılan çevre” kavramlarının üzerinde durmak gerekir. “Çevre” için yaşam boyunca bulunulan tüm ortamlar söz konusudur. “Yaşanılan Çevre” ise, hayatın rutin biçimde sürdürüldüğü ortamlar bütünü olarak düşünülmektedir. Bu bütünü oluşturan kümenin içinde bulunan alt kümeler; insanların barınmak için kullandıkları yapılar ve bunların dışında kalan dış ortamlar olarak sıralanabilir.

İnsanlık tarihinin başlamasından günümüze kadar geçen zaman dilimi içerisinde insanlar birçok teknolojik evrimler geçirmişlerdir. Korunma, barınma, konfor vb. gibi sorunlar her zaman teknolojiyi yönlendiren etkenler olmuştur. İnsanlar ilk başlarda iptidai barınaklar yapmışlardır. Daha sonra bu barınaklar günümüzde yerlerini daha gelişmişlerine bırakmıştır.

Barınak inşasından amaç, sadece diğer canlılardan korunmak için değildir. Meteorolojik olaylar da (yağmur, kar, sıcak, soğuk, rüzgar vs.) diğer sebeplerdendir. Barınak, insanların içinde yaşamını sürdürdükleri, dış ortamdaki istenmeyen şartlardan kendilerini belirli oranlarda soyutlayabildikleri yerlerdir. Zorunlu olarak yapılar, “yaşanılan çevreyi” oluşturmaktadır. Ancak insan tarafında tasarlandığı ve üretildiği için buna “yapay çevre” de denilebilir. “Çevre” kümesinin birer alt kümesi olan yapıların yaşam sürdürülen kısımları, “iç ortam” olarak tanımlanmaktadır.

Evler, işyerleri vb. den oluşan yapıları kullanan insanlar, yapıların içindeki ve dışındaki çevrelerden olumlu yada olumsuz olarak etkilenirler. Olumsuz etkiler ile insan sağlığının bozulması anlaşılmaktadır. Etkenlerin ve etki şekillerinin farklı oluşu nedeniyle, iç ortam ve dış ortam birbirlerinden bağımsız olarak incelenmek zorundadır. İnsan sağlığının bozulması; ortam hijyeninin bozulması ve ortamın hava kalitesinin bozulması gibi nedenlerden kaynaklanabilmektedir. Günümüzde, yapılan araştırmalar ile, iç ortam hijyeni ve hava kalitesi konularında her geçen gün daha çok bilgi birikimi temin edilmektedir.

İç ortam hava kalitesi, çok geniş kapsamlı bir konudur. Ortamın nem miktarı, ortam ısısı, ortamdaki kirletici gazların, bileşiklerin ve toz partiküllerin miktarları ve yapıları ayrı ayrı incelenmesi gereken konulardır.

2.2 İç Ortam Hava Kirleticileri

İç ortam hava kirleticileri, genel hava kirlenmesinde olduğu gibi, gazlar ve partiküller olarak iki grupta incelenir:

a) Gaz halindeki kirleticiler: Gaz halindeki kirleticilerin kaynaklarını; genel olarak, yanma, sanayi prosesleri ve doğal kaynaklar olarak ifade edebiliriz. Gaz kirleticilere; H_2S , SO_2 , NO_x , O , NH_3 ve çeşitli hidrokarbonları örnek verebiliriz.

b) Partikül halindeki kirleticiler: Partikül haldeki kirleticiler de yukarda ifade edilen kaynaklardan oluşmaktadır. Bu tür kirleticiler, sıvı ve/veya katı haldeki maddelerden ibarettir. Aşağıda partikül türlerine ait tanımlar verilmiştir:

Partiküler madde: 0.0002-500 μm arasında katı veya sıvı halde havada asılı/çökebilen halde bulunan maddelerdir.

Aerosol: Gaz ortamında katı veya sıvı halde bulunan mikroskobik partiküllerin dispersiyonudur.

Toz: Mikrometre boyutunda olup, havada geçici bir süre kalabilen partiküllerdir.

Uçucu kül: Yanma neticesinde meydana gelen baca gazları içinde bulunan ince kül partikülleridir.

Sis: Mikroskobik su damlacıklarından oluşan çoğu biraya geldiğinde gözle görülebilen aerosollerdir.

Füme: Yoğunlaşma, süblimasyon veya kimyasal reaksiyon neticesinde meydana gelen, genellikle 1 μm ' den küçük partiküllerdir (Sigara dumanı vb.).

Mist: Kendi ağırlıkları ile çökebilen büyüklükteki sıvı damlacıkların disperse halidir.

Duman: Tam olmayan yanma neticesinde oluşan genellikle karbon ve diğer yanabilen maddelerden müteşekkil partiküllerdir.

Kurum: Tam olmayan yanma neticesinde oluşan birçok maddeler ile katran ihtiva eden partiküllerdir (Ertürk, 1994).

Ayrıca, en çok karşılaşılan 13 iç ortam hava kirletici parametresi için detaylı açıklamalar aşağıda Çizelge 2.1'de yapılmıştır. Çizelgede kirleticilerin kaynakları ve ortalama değerleri hakkındaki bilgiler verilmiştir.

Çizelge 2.1 İç ortam hava kirleticilerinin kaynakları ve ortalama konsantrasyonları (Nagda, Rector ve Koontz,1986).

Kirletici ve Kaynakları	Ortalama Konsantrasyonları
<u>1. Asbest ve diğer lifli aeresoller:</u> Kırılgan asbest: Yanmayan, termal ve akustik yalıtım, dekorasyon Sert asbest: Vinil zemin ve çimento üretimi, otomotivde fren sistemi	0,5 μm' den daha uzun lifler için 0,2 elyaf/ml (ASHRAE Guidelines of 1/10 of U.S. 8-h Occupational Standard ASHRAE 1981)
<u>2. Biyolojik aeresoller:</u> İnsan ve hayvan metabolizma faaliyet ürünleri, bulaşıcı etkenler, alerji yapan aeresoller, fungi, nemlendiricilerdeki bakteri, soğutma sistemlerindeki bakteri	Belirli bir değer yok
<u>3.Karbon monoksit:</u> Gaz ocakları, odun ocakları, şömineler, sigara ve motorlu taşıtlar	8 saat için 10 mg/m^3 ve 1 saat için 40 mg/m^3 (EPA 1971,1975)
<u>4. Formaldehit:</u> Panel, kontraplak, halı, tavan kiremiti, üre, formaldehit yalıtım köpüğü	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Hollanda ve Almanya'daki çalışmaları temel alarak 1981'de ASHRAE' de yayınlanmıştır)
<u>5. Inhalable partikül:</u> Sigara, vakum, odun ocakları, şömineler, yakma kaynakları, endüstriyel kaynaklar ve diğer yapı materyalleri	Yıllık 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (EPA 1981)

Çizelge 2.1 (Devamı)

Kirletici ve Kaynakları	Ortalama Konsantrasyonları
6. Metaller ve diğer organik partiküller:	
Kurşun: Otomobil egzozu	1,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ /3 ay (EPA 1978)
Civa: Metalik fungusitler, fosil yakıtlar	2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ /24 saat (ASHRAE 1981)
Kadmiyum: Sigara, çeşitli fungusitler	2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ /24 saat (ASHRAE 1981)
Arsenik: Sigara, pestisit	Belirli bir değer yok
Nitratlar: Dış ortam havası	Belirli bir değer yok
Sülfatlar: Dış ortam havası	Yıllık 4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 24 saat için 12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (ASHRAE 1981)
7. Azotdioksit:	
Yakma kaynakları, araç egzozları	Yıllık 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (EPA 1971)
8. Ozon:	
Fotokopi makineleri, printerler, yüksek gerilim hatları ve trafolar, elektrostatik hava temizleyiciler, dış ortam havası	1 yıl içinde 235 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (EPA 1971, 1979b)
9. Pestisitler ve diğer yarı uçucu organikler:	
Spreyler, dış ortam uygulamaları	Chlordane için 3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (National Research Council (NRC) 1982)
10. Poliaromatik hidrokarbonlar:	
Ağaç yakma, sigara, yemek pişirme, kömür yakma, kok fırınları	Belirli bir değeri yok

Çizelge 2.1 (Devamı)

Kirletici ve Kaynakları	Ortalama Konsantrasyonları
<u>11. Radon ve radon ürünleri:</u> Radon içeren yapı malzemeleri, çözünmüş radon içeren arıtılmamış toprak suyu, yeraltındaki radyoaktif maddelerin bozunması	0,01 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ / yıllık (ASHRAE 1981)
<u>12. Kükürtdioksit:</u> Fosil yakıt yakma	Yıllık 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 24 saat için 365 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (EPA 1971)
<u>13. Uçucu organikler:</u> Sigara, oda spreyleri, boyalar, vernikler, çözücüler, ev ve işyerlerinde kullanılan organik maddeler	Belirli bir değeri yok

Yukarda çizelge halinde sıralanan kirleticiler, aşağıda daha genel başlıklar altında detaylı olarak incelenmiştir.

2.2.1 Partiküller

Bu tez çalışmasının konusunu teşkil ettiğinden, 3.Bölüm’de ayrı olarak incelenmiştir.

2.2.2 Radon

Radon radyoaktif bir gazdır ve ilk bozulma ürünü radyum 288'dir. 3.6 günlük yarı ömrü ile alfa ışıması yapar. Toz partiküllerine tutunan radon alfa ışıması bitene kadar etkili olurlar. Bu halleri ile çevrede partiküller ile hareket eder ve akciğerlerde birikirler.

Kaynakları:

Radyum, oldukça farklı konsantrasyonlarda yer kabuğunda dağılmıştır. Bazı yerlerde yeraltıları ve doğal gaz radon içerebilir. Yeryüzündeki yapılar başlıca radon kaynaklarıdır. Radon içeren su çeşitli kullanımlar için yüzeye çekildiği zaman, radon açık atmosferde

serbest kalarak gaz fazına geçmektedir.

İlgili standartlar ve yönetmelikler:

Bilindiği gibi bu konu ile ilgili çok sayıda standart ve yönetmelik vardır. Amerikan Maden Güvenliği ve Sağlığı İdaresi yönetmelik olarak maksimum radon seviyesini litrede 16 pikoküri olarak kullanmaktadır. Amerikan Boneville Güç İdaresi maksimum seviyeyi 5, EPA ve ASHRAE standart 62-1981 sırası ile 4 ve 5 olarak almaktadır.

Konfor ve sağlık etkileri:

Hiçbir duyuşsal algı veya akut sağlık etkileri bilinmemektedir. Kronik etkileri olarak, akciğer kanseri veya bozunan radon ürünleri vasıtasıyla oluşan muhtelif akciğer rahatsızlıklarından şüphelenilmektedir.

2.2.3 Asbest

Isı yalıtım işlerinde ve bazı yapı malzemelerinde destekleyici malzeme olarak kullanılan, küçük doğal mineral elyaflardan oluşan ve sağlık için oldukça zararlı etkileri bulunan bir maddedir.

İlgili standartlar ve yönetmelikler:

Maksimum müsaade edilir konsantrasyonu bilinmemektedir. American National Institute of Occupational Safety and Health (NIOSH) 5 μm 'den daha uzun elyaflar için 0.1 elyaf/ cm^3 seviyesini kullanmaktadır. Son zamanlarda 0.01 elyaf/ cm^3 seviyesinin daha uygun olabileceği konusunda tezler ileri sürülmektedir.

Konfor ve sağlık etkileri:

Akciğerlerde yerleşen elyafların metabolizmayı etkiledikleri, akciğerlerin pleural veya peritoneal bölgesindeki kanser etkisi bilinmektedir. Asbestosis ve diğer akciğer rahatsızlıklarına da neden olduğu bilinmektedir.

2.2.4 Tütün dumanı

Tütün dumanı tütünün yanması sonucu oluşan partikül ve dumanlardan oluşmaktadır. Yanma sonucu oluşan partiküller çoğunlukla respirable boyutlardadır ve 2000'in üstünde bileşik bu partiküllerde tespit edilmiştir.

İlgili standartlar ve yönetmelikler:

Bu konuda genel bir seviye bulunmamaktadır. ASHRAE Standard 62-1981, ortamlara bağlı olarak 7-17.5 lt/saat.kişi aralığını belirtmektedir.

Konfor ve sağlık etkileri:

Tütün dumanının sigara içmeyenlerdeki etkisi son zamanlarda araştırma konusu olarak önem kazanmıştır. Sigara içenlerdeki etkileri ise çok iyi bilinmektedir. Sigara içenlerin eşlerinin ve çocuklarının solunum sistemlerinde akut sağlık sorunları görülmektedir. Bazı çalışmalar sigara içmeyenlerin sigara içenlerden iki kat daha fazla kronik akciğer kanserine yakalandıklarını göstermektedir.

2.2.5 Formaldehit

Renksiz bir gazdır. Oldukça yaygın kullanılmaktadır. Şüpheli kanserojen olmakla beraber, daha bir çok olumsuz sağlık etkileri görülmektedir. İskandinav ülkeleri formaldehit limitini 0.1 ppm, ASHRAE Standard 62-1981'de ise 0.1 ppm olarak vermektedir.

2.2.6 Azot oksitler

Azot oksitler oldukça reaktif bir oksidanttır. The U.S. National Ambient Air Quality Standards, uzun dönem limiti olarak 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 'i almaktadır.

2.2.7 Uçucu organik bileşikler

İç ortam havasında 100'ün üzerinde uçucu organik bileşik saptanmıştır. Aseton, alkoller ve asitler, aromatik hidrokarbonlar, klorlu hidrokarbonlar, organofosfatlar, klorlu bileşikler, amonyum, toluen, ksilen, stiren ve benzen bunlardan bazılarıdır.

2.3 İç Ortam Hava Kalitesinin Önemi

Birçok yerleşim bölgelerindeki hava kalitesi ölçümleri, bilinen kirleticilerin dış ve iç ortam hava kalite sınır konsantrasyonlarını aştığını ve bunun gerek mevsim ve gerekse yakın endüstriler nedeniyle meydana geldiğini göstermektedir. Bu gibi yerlerde yaşayan kişilerin sağlık şikayetleri, iç ortam hava kirleticileri seviyelerine dikkatleri çekmektedir. Buna karşılık, bazı yerleşim yerlerinde dış ortama hava kalitesinde yine de sağlık için uygun olmayan bulgular elde edilmektedir. Bu nedenlerden dolayı sağlıklı ve rahat bir yaşam için öncelikle iç ortam hava kalitesinin istendiği gibi olması gerekmektedir.

Günümüzde, genelde bir insanın zamanının %90'ının bazen daha fazlasının iç ortamlarda geçirdiğini ve bunun büyük bir bölümünün ticari çevrelerde veya ikamet edilen yerlerde harcanmaktadır. Son zamanlarda iç ortam hava kirliliği ile ilgili çok sayıda problemlerle karşılaşmaktadır. Legionaire hastalığı, hasta bina sendromu, üre-formaldehit köpük izolasyonundan formaldehit, partiküllerin neden olduğu sağlık problemleri bunlardan sadece birkaçıdır. Birçok yeni çalışmalar, ev ve ticari yapıların her ikisinde iç ortam hava kalitesi hakkındaki endişeleri belirtmektedir.

İç ortam hava kirlleticilerine maruz kalmadan dolayı meydana gelen erken ölümlerin ve diğer istenilmeyen sağlık sorunlarının dış ortam hava kirlleticilerine göre daha fazla etken oldukları bilinmektedir. Tabii ki iç ortam hava kirlleticilerine maruz kalma ile meydana gelen ölümlerin riski; sigara içmek, otomobil kazaları, ev kazaları ve uranyum madenlerinde çalışma gibi risklerden çok düşüktür. Ancak iç ortam kirleticilerin uzun vadedeki etkileri hesaba katılmalıdır.

2.4 İç Ortam Hava Kalitesi ile İlgili Çalışmalar

İç ortam hava kalitesi üzerine yapılan ilk modern çalışmalar, Avrupa Ülkeleri ve A.B.D.' de 1960'ların ortaları ile 1970'lerin başlarına uzanmaktadır. Bu çalışmalarda, başlangıçta, dış ortam hava kirleticilerinin iç ortamdaki konsantrasyonlarının ölçülmesi işlemleri yapılmıştır. Çalışılan bu kirleticiler arasında toplam askıda partiküller, kükürt dioksit (SO_2), karbon monoksit (CO) bulunmaktadır. Bu ilk çalışmalar, hem dış ortamda hem de iç ortamda etkili olan bu dış ortam kirleticilerinin iç ortamdaki seviyelerini ortaya çıkarmışlardır.

İlk iç ortam ölçüm çalışmaları, çevresel hava kalitesi standartları tarafından istenen dış ortam kirleticisi parametre seviyelerinin, iç ortamda da araştırılması şeklinde olmuştur. Örneğin Amerikan Atom Enerjisi Kurumu' nun iç ortamdaki radon miktarı ölçümleri, Danimarka'daki formaldehit (HCHO) ölçümleri bunlardan bazısıdır. Yukarıdaki çalışmalara ek olarak Inhalable partikül, biyolojik aerosoller, pestisitler, uçucu organik karbonlar (VOC) verilebilir.

Binaların içine doğru dış ortam havasının sızması, iç ortam kirleticisi konsantrasyonuna etki etmektedir. Sızan hava çalışmaları, başlangıçta, iç ortamdan enerji kaybı/kazancı üzerine yoğunlaşmıştır. Hava sızması, binaların ısıtma ve soğutma olayları için önemli bir parametredir. 1970'lerin başlangıcında hava sızması iç ortam hava kalitesi ölçümlerinin önemli bir parametresi olarak standartlara dahil edilmiştir (Nagda, Rector, ve Koontz, 1986).

İlk çalışmalarda, kirleticilerin dış ortam konsantrasyonlarının iç ortam konsantrasyonlarına

oranı, iç ortam konsantrasyonlarının tahmini için oldukça kullanışlı olmuştur. 1970'lerin ortalarında bu oran temel kütle dengesi yaklaşımı ile yer değiştirmiştir.

Ölçüm aletlerinin 1970'li yılların ortalarında küçültülmeye başlanması sonucunda, taşınması kolay, vücuda takılabilen bu aletlerle kirleticilerin okunmasında kolaylıklar sağlanmıştır (U.S. EPA. 1979). İlerleyen yıllarda bu tip aletlerin geliştirilmesine hız verilmiştir. Bu kişisel ölçüm cihazlarının gelişimi; evde, iş yerinde, dış ortamda ve diğer çevrelerde kirleticilere toplam maruz kalmaların ölçülmesi konusunda oldukça büyük kolaylıklar sağlamıştır.

Fiyatlardaki düşme ve hassasiyetteki artış, iç ortamı karakterize etmek için sabit numune ve hareketli (taşınabilir) aletlerin kullanılmasını oldukça cazip kılmıştır. Bu küçük aletler bazen tek başlarına, bazen de daha karmaşık araçlarla olan kombinasyonları ile kullanılmaktadırlar.

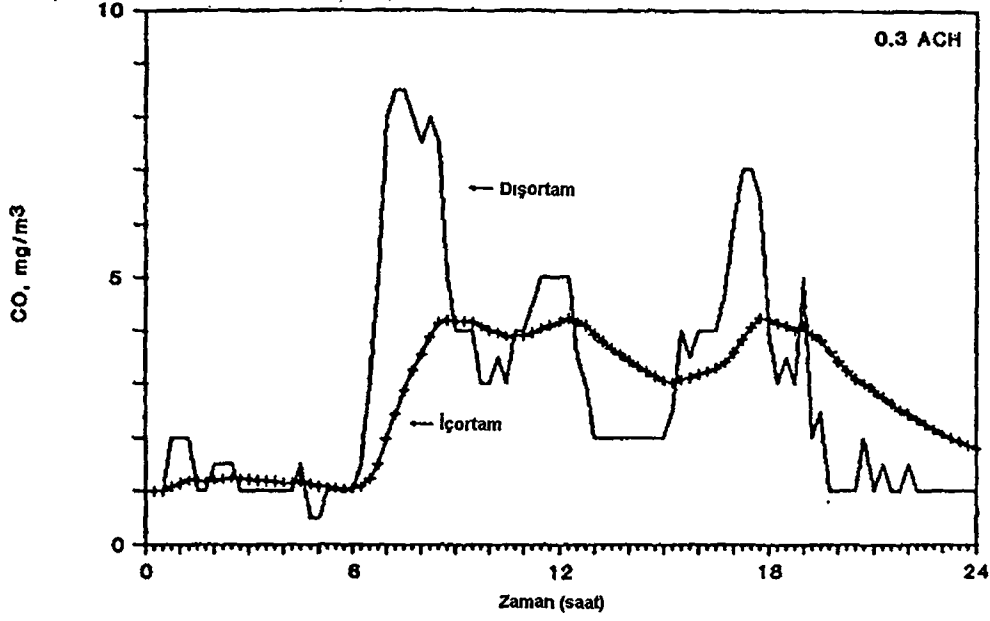
1980'lerin ortalarında yapılan iç ortam hava kalitesi belirleme çalışmaları, beş genel alanda gerçekleştirilmiştir (Nagda, Rector, ve Koontz, 1986):

- Çeşitli iç ortam kaynaklarından kirletici emisyon oranlarını karakterize etmek, kirlilik kontrol sistemlerini veya ölçüm cihazlarını geliştirmek ve değerlendirmek için oda ve laboratuarda yapılan araştırmalar.
- Farklı tip kontrol şartları altında kirletici davranışlarının test evlerindeki ölçümleri.
- İç ortam çevresini karakterize etmek için genel nüfusun veya özel nüfus alt gruplarının maruz kaldığı etkileri karakterize etmek için yapılan iç alan çalışmaları.
- Evde yaşayan kişilerin şikayetlerine cevap vermek için yapay denek binalarda yapılan ölçümler.
- İç ortam kirleticileri ile alakalı teorilerin geliştirilmesi çalışmaları

2.5 İç Ortam Hava Kalitesini Etkileyen Faktörler

İç ortam hava kalitesi birçok faktöre bağlıdır. İç ortam kirletici kaynakların yaygın olması, kirlilik konsantrasyonlarını artırabilir ve iç ortam hava kalitesini düşürebilir. Buna rağmen, dış ortam havası eğer daha iyi kalitede ise iç ortam hava kalitesini düzeltebilir (Nagda, Rector, ve Koontz, 1986).

İç ortam hava kalitesini etkileyen faktörlerin nasıl etkelediğini daha iyi anlamak, daha etkili ve verimli iç ortam hava kalitesi kontrolünü sağlayacaktır. Aşağıda iç ortam hava kalitesini etkileyen faktörler sırasıyla incelenmiştir.



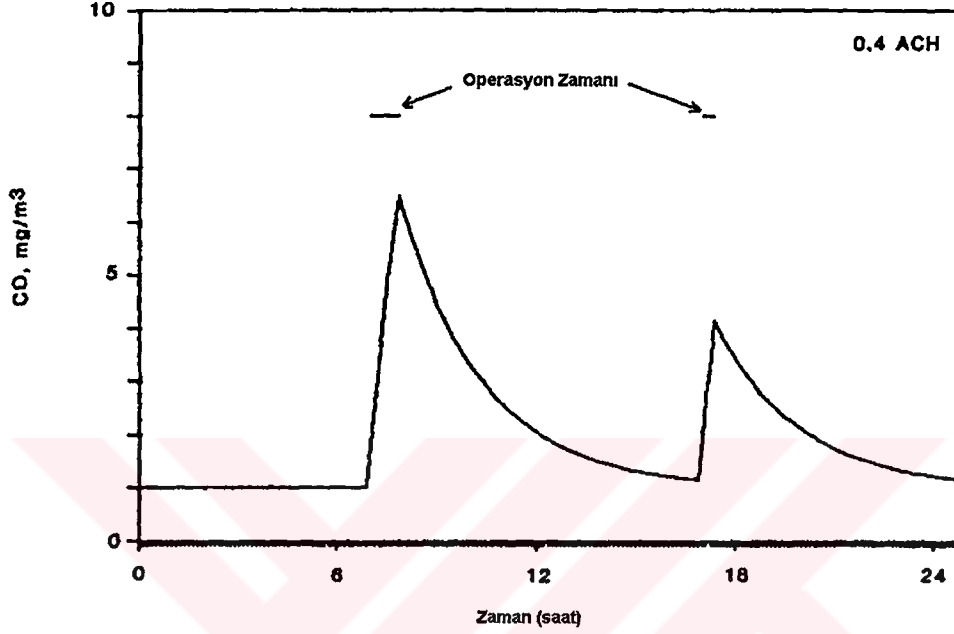
Şekil 2.1 Dış ortam konsantrasyonlarının iç ortam konsantrasyonlarına etkisi (Nagda, Rector, ve Koontz, 1986)

2.5.1 Dış ortam konsantrasyonları

Dış ortam konsantrasyonlarının, iç ortam konsantrasyonlarını etkilemesi Şekil 2.1’de verilmiştir. Dış ortam CO miktarı 1 mg/m^3 ’ten 9 mg/m^3 değerine yükseldiği zaman, CO’ in iç ortam konsantrasyonu da artmaktadır. Buna rağmen, iç ortam konsantrasyonundaki artış dış ortama göre daha yavaştır. Bununla beraber, iç ortam CO konsantrasyonu dış ortam konsantrasyonundan çok daha kısa sürede azalmaktadır. Dış ortam konsantrasyonu düştüğü zaman ise, iç ortam konsantrasyonu bu düşüşü takip eder ancak, bu takip daha yavaş hızlarda olur. (Nagda, Rector, ve Koontz, 1986)

2.5.2 İç ortam hava kirletici kaynakları

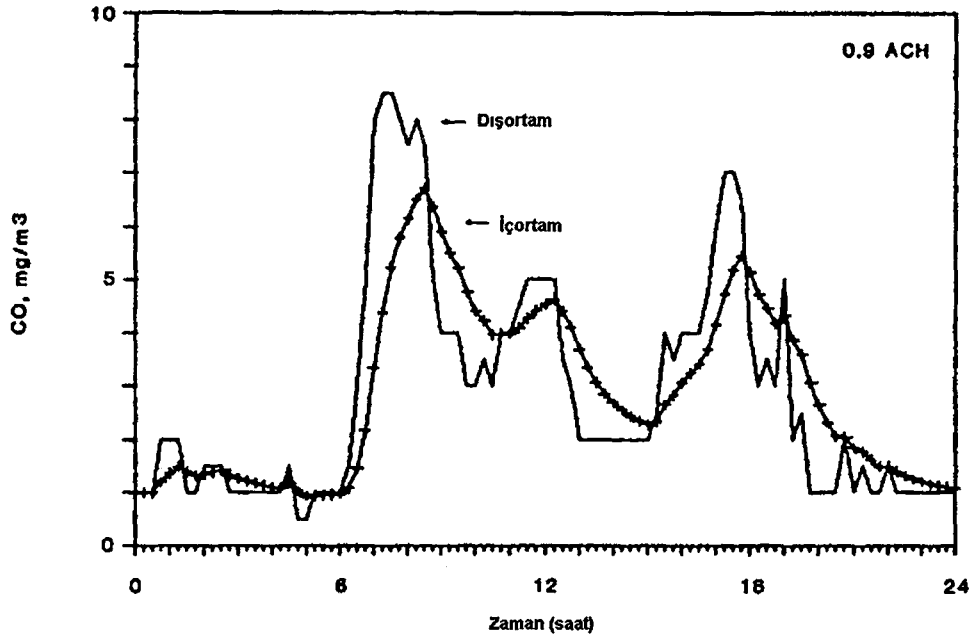
İç ortam hava kirletici kaynaklarının faal hale getirilmesi, iç ortam konsantrasyonunu artırmaktadır. İç ortam hava kirletici kaynaklarının etkileri Şekil 2.2’de gösterilmiştir. Bacaya bağlı olmayan yakma araçları iki farklı zaman periyodunda çalıştırılmışlardır. İç ortam konsantrasyonlarındaki yükseliş, sabahları ilk çalıştırmayı takiben artmıştır. Bu yüzden, operasyon değişikliği ya da çevre şartlarındaki değişiklik yüzünden meydana gelen kirletici emisyonlarındaki değişim, iç ortam hava kalitesinde kaynağın etkisini belirlemede mutlaka hesaba katılmalıdır.



Şekil 2.2 İç ortam kaynaklarının çalışması süresince iç ortam konsantrasyonlarına olan etkileri (Nagda, Rector, ve Koontz, 1986)

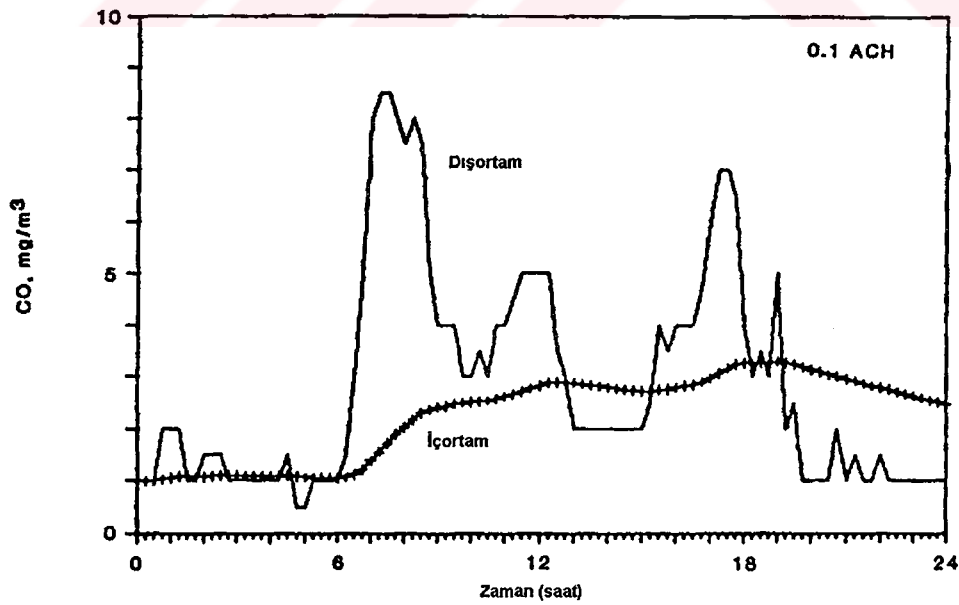
2.5.3 Hava değişim oranı

Hava değişim oranı, dış ortam havası ile değiştirilen havanın oranıdır. Hava değişim oranı, dış ortam konsantrasyonlarının düşüklüğü yüzünden iç ortam konsantrasyon oranını değiştirmektedir. Hava değişim oranı, hava hacminin yapının hacmine olan oranı olarak da tanımlanmaktadır. Örneğin; saatte 50 m^3 dış ortam havasının girip, aynı hacimde iç ortam havasının dışarı atıldığı 200 m^3 'lük bir ev için hava değişim oranı 0.25 hava değişimi/saat'tir (ACH- Air Changes per Hour).



Şekil 2.3 0.9 ACH'da dış ortam konsantrasyonlarının iç ortam konsantrasyonlarına etkisi (Nagda, Rector, ve Koontz, 1986)

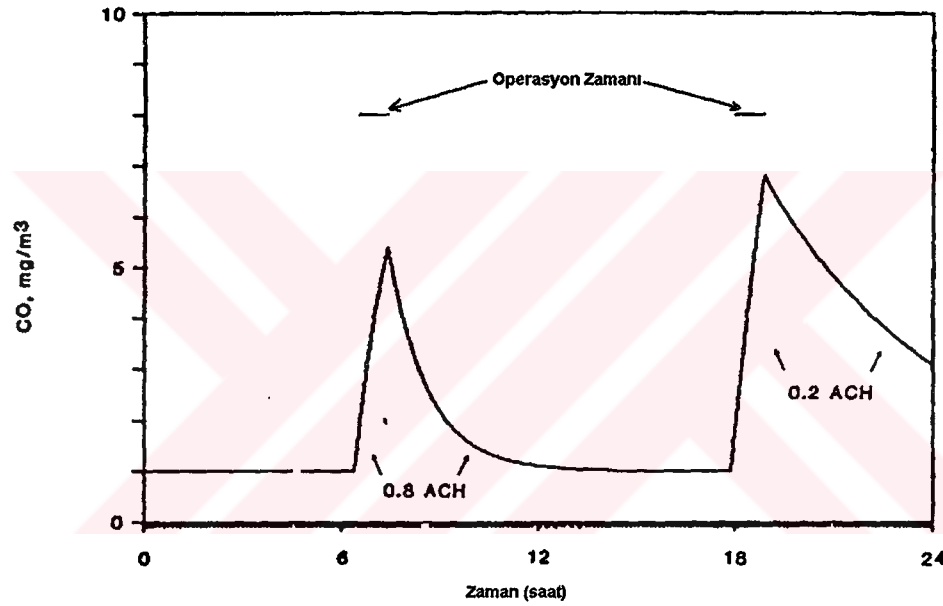
Şekil 2.1'deki hava değişim oranı, 0,9 ACH olsaydı iç ortam konsantrasyonu, dış ortam konsantrasyonunu daha çabuk ve daha yakın takip edecekti. Bu durum, Şekil 2.3'de gösterilmiştir. Düşük değişim oranları ile (0,1 ACH) iç ortam konsantrasyonundaki artış ve azalış daha yavaştır (Bkz. Şekil 2.4).



Şekil 2.4 0.1 ACH' da dış ortam kons.un iç ortam konsantrasyonlarına olan etkisi (Nagda, Rector, ve Koontz, 1986)

Ayrıca hava değişim oranı iç ortam kirletici konsantrasyonlarını azaltmak için gerekli zaman miktarını tanımlamaktadır. Şekil 2.5’de bir işletmede farklı iki hava değişim oranının etkisi gösterilmiştir. Sabah saatlerinde 0,8 ACH hava değişim oranı ile konsantrasyon yaklaşık 1 saat içinde yarı pik değerine düşmektedir. Öğleden sonra ise hava değişim oranı 0,2 ACH olduğu zaman benzer azalış için gereken süre, 3 kat daha fazla olmuştur.

Hava değişimi 3 şekilde meydana gelir: a) filtrasyon b) doğal havalandırma ve c) mekanik havalandırma. İç ortam ve dış ortam arasındaki basınç farklılığı, kapalı pencere ve kapılar ile yapıların içine havanın doğal olarak sızmasında etkili olmaktadır. Mekanik havalandırma ile motorlu sistem veya fan tarafından gerçekleştirilen hava değişimi kastedilmektedir. Yerel veya nokta havalandırma ile yapının sadece bir bölümünün havalandırılması kastedilir.

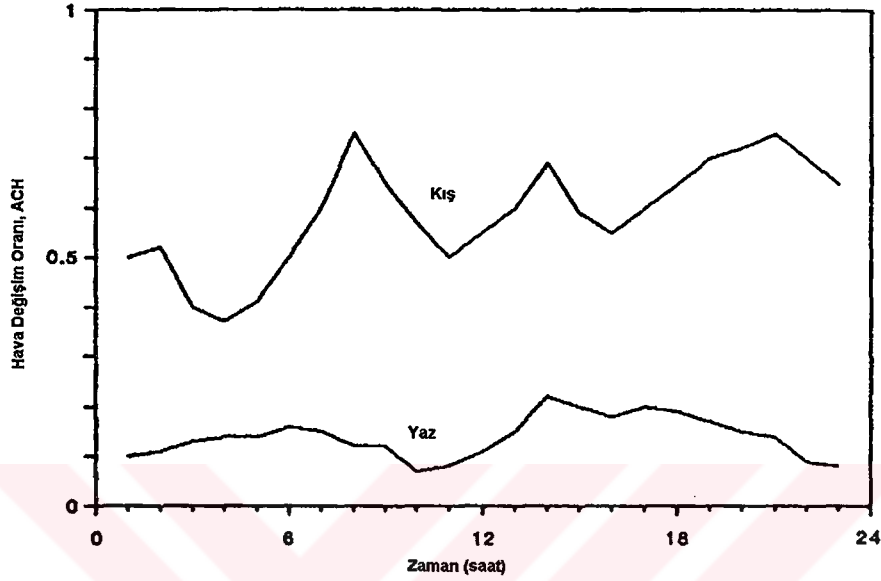


Şekil 2.5 Hava değişimi ve iç ortam kaynaklarının iç ortam konsantrasyonu üzerine etkisi (Nagda, Rector, ve Koontz, 1986)

Sızmanın olması için gerekli olan basınç farklılığı, ya iç/dış ortam arasındaki sıcaklık farkı yada rüzgar katkısı ile meydana gelir. İç/dış ortam sıcaklık farkı ile iç ortam havası yükselerek yapının üst taraflarından açık yerlere doğru ilerlerken dış ortam havası iç ortam havasının bıraktığı yerleri doldurur. Ortamdaki bu ters yüz olayı, yaz aylarında sıkça olabilmektedir. Ortamda baca bulunması, sızmayı artırmaktadır. Buna karşılık, baca hava akımı zayıf olduğu zaman, oluşacak geri hava akımı yaşam alanının içine yakma ürünlerini çekebilir.

Şekil 2.5'te gösterilen hava değişim oranları sadece mekanik havalandırma için elde edilen sonuçlar olmasına rağmen, hava sızma oranı bir gün içinde saatten saate değişiklikler

gösterebilir. Şekil 2.6 aynı yapı için iki sezon $<0,1$ ACH' dan $>0,7$ ACH' a değişiklikler gösteren saatlik ölçülmüş sızma oranlarını göstermektedir. Bu farklı durum, yazın rüzgar hızı 0-2 m/sn, dış ortam sıcaklığı 18-31°C, iç ortam sıcaklığı 25°C ve kışın rüzgar hızı 0.3-4 m/sn, dış ortam sıcaklığı -10-0°C, iç ortam sıcaklığı 18°C için meydana gelmiştir. Burada rüzgar hızı ve ortam iç/dış sıcaklıkları arasındaki farkın etkisi görülmektedir.



Şekil 2.6 Yaz ve kış günleri için aynı ortamda oluşan saatlik hava giriş oranları (Nagda, Rector, ve Koontz, 1986)

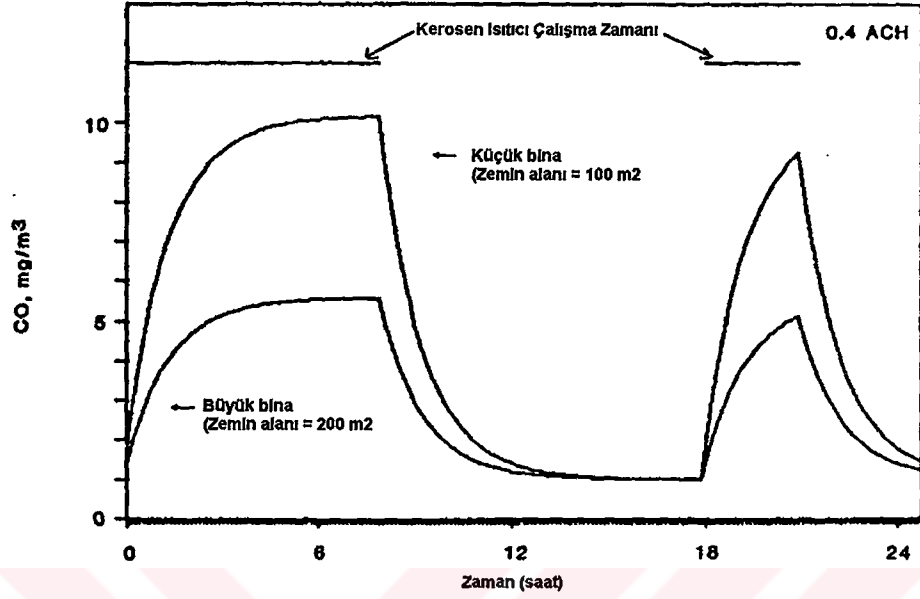
2.5.4 Hacim

İç ortam konsantrasyonları, ayrıca kirleticilerin dağılabileceği toplam hacme bağlı olarak değişir. Kirleticilerin dağıldığı hacim, yapının tüm hacmi olabilir. Şekil 2.7'den görüldüğü üzere, aynı miktar (kg) CO' in, 100 m²'lik yapıdaki oluşturduğu konsantrasyon, aynı yükseklikte 200 m² taban alanlı yapıdaki oluşturduğu konsantrasyondan hemen hemen iki kat daha fazla olarak belirlenmektedir.

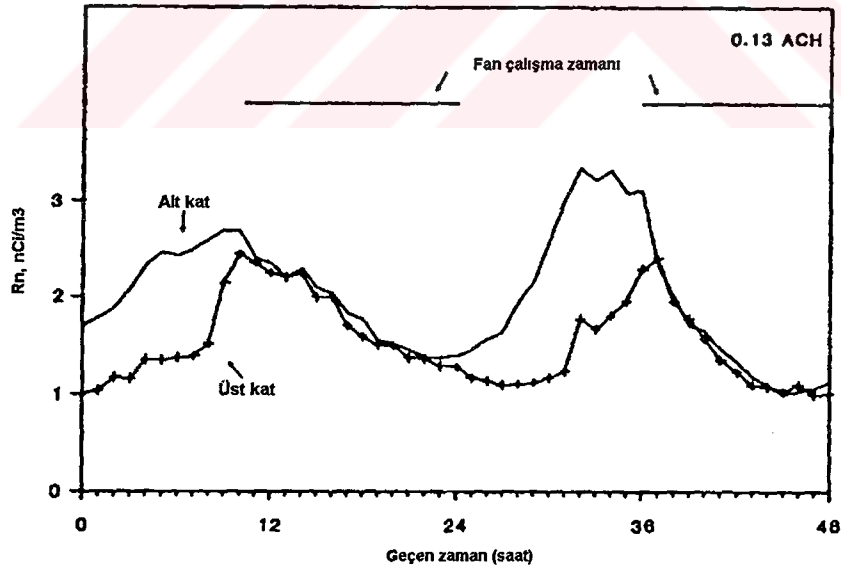
Pratikte, iç ortam hacminin hepsi kirleticileri dağıtmamaktadır. Bu durum, dağılımın iç mekandaki görünen/görünmeyen bariyerler tarafından bloke edilmesinden kaynaklanmaktadır. Örneğin, eğer iç ortam yakma kaynağı tavana yerleştirilmişse, kirleticiler üst tarafta dağılacaktır.

Şekil 2.8, iki katlı bir evin üst ve alt katları için radon (Rn) konsantrasyonu dağılımlarını göstermektedir. Radon, yapıya alt katta yapının altındaki topraktan geçmektedir. Böylece karışım için bir güç harcamadan, Rn konsantrasyonları alt katta üst kattakinden daha fazla

olacaktır. Buna rağmen, fan, ısıtıcı ve klima sistemleri kullanıldığı zaman, üst katın Rn konsantrasyonu, alt kattaki Rn'ce zengin hava ile karışması yüzünden yükselme eğiliminde olacaktır. Fan vb. çalışmadığı zaman ise Rn alt katta birikme eğiliminde olacaktır.



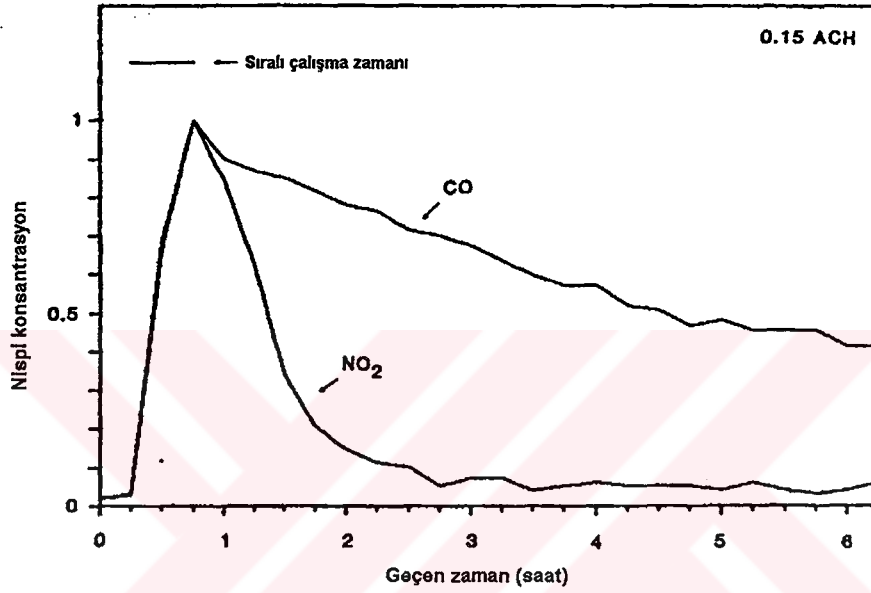
Şekil 2.7 Yapının hacminin iç ortam kirletici konsantrasyonuna etkisi (Nagda, Rector, ve Koontz, 1986)



Şekil 2.8 Sirkülasyon fanının iç ortam radon konsantrasyonu üzerine etkisi (Nagda, Rector, ve Koontz, 1986)

2.6 Kirletici Özellikleri

Kirletici özellikleri iç ortam konsantrasyonunu tespit etmek için önemlidir. Benzer yakma işi sonucunda oluşan CO ve NO₂ (Azotdioksit) aynı zamanda salıverildikleri ve hava değişim oranının aynı şartları altında oldukları halde farklı davranabilirler (Bkz. Şekil 2.9). NO₂ konsantrasyonundaki azalma, sadece hava değişimi sayesinde yapıyı terk eden iç ortam havası sayesinde olmamakta, ayrıca NO₂'nin kimyasal reaksiyona uğraması ile de meydana gelmektedir.



Şekil 2.9 Yanmayı takip eden NO₂ ve CO konsantrasyonundaki azalmanın mukayesesi (Nagda, Rector, ve Koontz, 1986)

2.7 İç Ortam Hava Kalitesinin Düşüklüğü Durumunda Oluşan Bazı Sorunlar

2.7.1 Hasta bina sendromu (SBS- Sick building syndrome)

“Hasta bina sendromu” terimi, bina içinde yaşayan kişilerin % 20’sinden daha fazlasının klinik ölçülerde olmayan ancak kişileri negatif yönde etkileyen sağlık sorunu ile karşı karşıya olma durumunda kullanılan bir terimdir. Bu durum binada kalan kişilerin değil binanın durumudur. Bunun sonucu olarak kişilerde baş ağrısı, burun tıkanıklığı veya akıntısı, astım, boğaz ağrıları, göz yanması, aşırı yorgunluk ve adale ağrıları görülmektedir.

Semptomlar can sıkıcı olabilir. Üretim kaybına neden olabilir. Ancak bu semptomlar, akut ve kronik sağlık etkileri içine girmemektedir.

Bu iç ortam hava kalitesi problemleri en çok ticari binalarda meydana gelmektedir. Avrupa ve Amerika’da yapılan çeşitli araştırmalara göre, ticari binaların %30’undan fazlasının hasta bina sendromundan etkilendiği görülmüş ve yıllık hastahane masrafları ve üretim kaybı zararlarının yaklaşık 10 milyon dolar civarında olduğu görülmüştür.

Hasta bina sendromunun nedenleri halan araştırma konusudur. Çalışmalar ve bulgular, bu sendromun doğal olarak havalandırılan veya klima kullanan binalarda rastlanılmasının çok uzak bir ihtimal olduğunu göstermektedir. Birçok bilim adamı bu sendromun düşük seviye kirletici kombinasyonlarının uzun dönemli etkileri yüzünden olduğuna inanmaktadır.

Bazı psikologların hasta bina sendromunun tamamen psikolojik bir sorun olduğunu iddia etmelerine rağmen; bu durumun iç ortamdaki kirleticiler ve havalanma ile ilgili olduğu eldeki bulgular ve vakalar ile ortaya konmuştur.

2.7.2 Bina bağlantılı hastalık (BRI- building related illness)

Bina bağlantılı hastalık, binanın yapısından ve donanımlarından kaynaklanarak içinde yaşayan kişileri etkilemesi sonucu oluşan sağlık problemleri için tıpta kullanılan genel bir terimdir.

2.7.3 Karışık kimyasallara duyarlılık (MCS- multiple chemical sensitivity)

Buna çevre etkili hastalık veya 20. yüzyıl hastalığı da denilmektedir. İsminden de anlaşıldığı gibi çok çeşitli kimyasallara birden maruz kalmadan kaynaklanan bir negatif sağlık durumudur. Bu konuyla ilgili bir çalışmaya göre, MCS, gerçekte olmayan, ancak zihinsel olan bir hastalıktır. Bir teze göre bu hastalık sadece bir kimyasala maruz kalınması ile olur, daha sonra bu yayılır. Bir kısım son çalışmalar, bu fikri desteklemektedir. Bu teze göre SBS’ye neden olan bazı mekanizmalar MCS’ye neden olabilir.

2.7.4 Lejyoner hastalığı (legionnaire disease)

“Lejyoner hastalığı”, bir bakterinin (*Legionella pneumophila*) neden olduğu zatürrenin bir türüdür. Bu hastalık ilk olarak 1976’da Philadelphia otelinde Amerikan lejyon töreninde patlak vermiştir. Bu hastalık yakalananların %5’ine zarar vermekte, %15’inin ölümüne neden olmaktadır.

Bu hastalığa neden olan bakteri, kalitesiz su kaynaklarında bulunmaktadır. Uygun koşullar altında, özellikle sıcaklığı 30-55°C de olan ve nütrientlerin mevcut olduğu sularda bakterilerin

nüfusu aşırı miktarda artmaktadır. Kirli su damlacıkları, havada zerreler halinde dağıtıldığında, su içindeki bakteriler kişilere hastalık bulaştırmaktadır. Bu hastalığın bilinen kaynaklarının içinde klimalar ve duş başlıkları da bulunmaktadır.

Lejyoner hastalığı oldukça yaygın bir hastalıktır. Yapılan araştırmalarda Amerika'da yılda 25000 ölümün Lejyoner hastalığından kaynaklandığı sanılmaktadır. Bu hastalık özellikle yaşlı ağır içkiler içen ve sigara kullanan erkeklerde daha büyük bir risk oluşturmaktadır. Sigara ve alkol risk faktörlerini artırmaktadır.

2.7.5 Karbonmonoksit zehirlenmesi

Karbonmonoksit yanma ürünü olan renksiz ve kokusuz bir gazdır. Karbon içeren yakıtlar oksijen ile yandıkları zaman tam yanma ürünü olarak karbondioksit, tam olmayan yanma sonucu olarak karbonmonoksit oluşur.

Karbonmonoksit hemoglobin ile kan içinde birleşir. Kan içinde belli bir orandan fazla CO olması durumunda karbonmonoksit zehirlenmesi meydana gelir. Belirtileri baş ağrısı ve kusma, daha fazla maruz kalma halinde ise grip hastalığına benzer belirtiler görülür.

İç ortamdaki en yaygın kaynaklar olarak; yanma motorları (garajlardaki otomobiller gibi), su ısıtıcılar, gaz sobaları, havalandırmasız ısıtıcılar, ocaklar vb. sayılabilir.

2.7.6 Biyoaerosoller

Biyoaerosoller, canlıların ürettiği ve havaya yaydığı mikroorganizmaları içeren aerosollerdir. Bunların içinde virüsler, bakteriler, küf sporları, algler, maya, protozoa, polen, toz allergenler, kedi ve köpek allergenleri, saç ve dışkı kemirgenleri vb. bulunabilir. Birçok insanın toz ve küfe karşı alerjileri vardır. Bazı küf ve bakteriler toksik bir yapıya sahiptir.

2.7.7 Tozların sebep olduğu hastalıklar

Tezin konusu ile doğrudan ilgili olduğu için tozların sebep olduğu hastalıklar, 3.Bölümde ayrıca ele alınmıştır.

3 PARTİKÜLLER VE SAĞLIK ETKİLERİ

3.1 Partiküller

Konu ile ilgili tüzük veya standartlarda, partiküller için limit konsantrasyonlar $\mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak verilmektedir. Sınırlar; partikül boyutlarına göre belirtilmektedirler. Partiküllerin tüm boyutları sağlık problemi doğurmamakta, ancak bunlar görünür halde olduklarından ruhsal boyutta sıkıntılara neden olmaktadır. Sağlık için boyutları $8.5 \mu\text{m}'$ den küçük olan ağız ve burun yolu ile solunum sistemine giren (respirable) partiküller önemli sorun kaynağıdır. $0.05\mu\text{m}'$ den büyük ve $8.5\mu\text{m}'$ den küçük bu partiküller, atılmaksızın akciğerlerde yerleşirler. Büyük partiküller burun kanallarında ve burun sonrasındaki nazofaringeal bölgede yerleşirler ve bunlar zamanla dışarı atılırlar. Nazofaringeal bölgede yerleşen çeşitli tipteki partiküller, vücudun temizleme mekanizmasını zorlayacak biçimde yüklendiği zaman yine sağlık problemleri söz konusu olabilmektedir.

Akciğerlere (alveollere) kadar inebilen ve insan sağlığı açısından olumsuz etki meydana getiren partikül tipleri aşağıda sıralanmıştır:

- Respirable partiküller grubu
- Tütün dumanı
- Asbest lifleri
- Alerji yapıcı partiküller (polen ve gübre sporları)
- Patojenler (bakteri ve virüsler)
- Radon içeren partiküller (radyoaktif bozulma ürünleri)

Bazı kirleticiler, havalandırma sistemleri ile süzülme yapılmaması halinde dışardan alınan hava ile iç ortama dahil edilirler. Bilindiği üzere ülkelerin tüzüklerinde iç ortam yanında dış ortamda istenen hava kaliteleri de mevcuttur. Ancak genelde iç ortam hava kirleticilerinin içerideki kaynaklardan yayıldıkları da bir gerçektir. Örneğin, insanlar, insan kokusu olarak karakterize edilen koku ve diğer partiküllerin kaynaklarıdır. İnsanların çeşitli yaşam aktiviteleri, sigara, temizlik, hobi aktiviteleri, plastik model ve mobilyaların yapıştırılması işlemleri, yemek yapma gibi çeşitli aktiviteleri de kirliliğe neden olmaktadır. Mobilya, ev ve iş makineleri ve ısıtıcılar da kaynak olabilmektedir.

Toz partikülleri, çeşitli organik ve inorganik maddelerin aşınması, parçalanması, öğütülmesi, yanması sonucu oluşan ve büyüklükleri bir kaç Å ile 100 µm arasında değişen, kimyasal özellikleri kendisini oluşturan kimyasal maddenin yapısına benzeyen maddedir. Toz partikülleri, organik ve inorganik olarak iki gruba ayırabiliriz. Organik tozlar ise üç grupta incelenebilir:

1. Bitkisel kökenli toz partikülleri (un tozu, pamuk tozu, tahta tozu vb.)
2. Hayvansal toz partikülleri (tüy, saç vb.)
3. Sentetik bileşenlerin toz partikülleri (DDT, trinitro toluen vb.)

İnorganik tozlara gelince:

1. Metal toz partikülleri (demir, bakır, çinko tozu vb.)
2. Metalik olmayan toz partikülleri (kömür, kükürt tozu vb.)
3. Kimyasal bileşiklerin toz partikülleri (manganez oksit, çinko oksit vb.)
4. Doğal bileşiklerin toz partikülleri (mineraller, killer, maden cevherleri vb.)

Tozlardan kaynaklanan iç ortam hava kalitesi problemlerine bazı iş kollarında özellikle rastlanmaktadır. Bu iş kolları arasında maden işletmeleri, taş ocakları ile maden işleyen demir ve metal işleme sanayileri en başta gelmektedir.

İç ortam hava kalitesi evsel (ev, büro vb.) ve endüstriyel olarak iki bölümde incelenebilir. Tabi ki endüstriyel iç ortam hava kalitesi konusu evsel iç ortam hava kalitesi konusuna göre daha çok önem arz etmektedir. Çünkü endüstrilerde insan sağlığı açısından daha zararlı tozlarla ve şartlarda çalışılmaktadır.

Her sanayinin kendine ait işletme prosesi, kullandığı hammaddesi ve bunun sonucunda oluşturduğu atıklar vardır. Bunlar sıvı, gaz, katı halde olabilirler. İçsel hava kalitesi açısından gaz ve havada uzun süre kalabilen toz partikülleri önemlidir. Yukarıda tozun tanımı ve etkileri bölümünde değişik özelliklerde toz partikülleri ve bunların işçiler üzerinde ne gibi etkilerinin olduğuna değinilmişti. Pamuk endüstrisinde uçuşan tozları, demir-döküm sanayinde karşılaşılan kum, bentonit ve demir tozları örnek olarak verilebilir. Bu tozlardan bazıları insan vücudunda birikerek çeşitli sağlık sorunları meydana getirmektedirler. Kanseri, astımı, sinir sistemi, solunum sistemi vb. oluşturdukları kronik veya akut rahatsızlıklar, çeşitli alerjiler bunların en başta gelenlerindendir.

Bu konu işçi sağlığı açısından oldukça önemlidir. Bilindiği gibi bir kurumda verimi artırabilmek için çalışanların çalışma koşullarının iyi olması gerekmektedir. Bu konu işveren açısından düşünülecek olunursa; ortamın sağlık şartlarının yetersiz olması çalışanları hem fiziksel hem de ruhsal yönden etkilemektedir. Bu da doğrudan çalışma performansını etkilemektedir. Çalışma performansının kötü yönde etkilenmesi sonucu işyerindeki verim azalacağından bu işverenler için istenilmeyen bir durum olacaktır. Çalışan işçiler açısından düşünülecek olunursa; çalışma şartları iyi olmayan bir yerde çalışan işçi, uzun veya kısa vadeli, geçici veya kalıcı, ciddi veya ciddi olmayan rahatsızlıklarla karşılaşacaktır.

İşyeri atmosferinde oluşan tozlardan, çalışanların etkilenmelerini önlemek için çeşitli önlemler alınmaktadır. Bunlar, ortamın genelinin havalandırılması ve toz tutucu sistemlerin kullanılması; kişiye özel birtakım korunma ekipmanlarının sağlanması (maske vb.) gibi önlemlerdir. Ülkemizde bunlara ne kadar dikkat ediliyor o da ayrıca bir konu olarak gündeme alınabilir. Ortamın hava koşullarına göre işçilerin taktıkları maskelerin yeterli olup olmadığının araştırılması ve bu maskelerin takılmasının zorunlu hale getirilmesi gerekmektedir. Ayrıca prosese en uygun olan toz tutma sistemlerinin kullanılması gerekmektedir.

3.2 Toz Partiküllerinin Sağlık Açısından Önemi

Partiküllerin solunum sistemi ve akciğerlerdeki hareketleri ve etkileri, aerodinamik karakteristiklerine (çap veya büyüklük, şekil, yoğunluk vb.) bağlıdır (Ertürk, 1994). Partiküllerin solunum sisteminin çeşitli bölgelerindeki birikimi, büyüklüklerine (çap) bağlıdır. Burun delikleri, çok ince partiküllerin yanında oldukça büyük toz partiküllerinin de burun kısmından (pharynx) girmelerine izin verirler. Partiküller daha sonra solunum sistemi ve akciğerlerde çeşitli mekanizmaların etkisiyle tutulurlar. Partiküllerin tutulmasında etki eden kuvvetler şunlardır:

1. Yerçekimi
2. Atalet (inertia)
3. Doğrudan Çarpma (Direct interception)
4. Diffüzyon (Brownian hareketler)

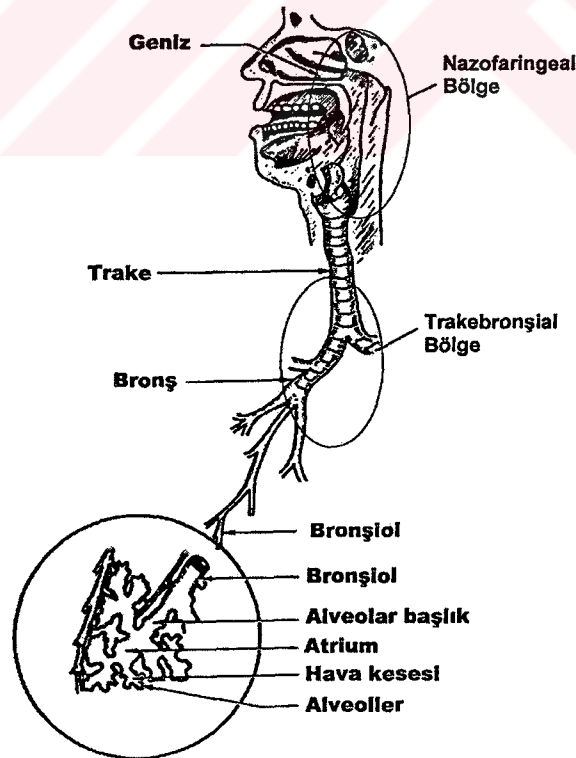
Nefes alma sonucunda insan vücuduna alınan tozun, insanın anatomik yapısını ve birtakım fiziksel reaksiyonları etkilediği bilinmektedir. Tozun akciğerlere doğru giderken geçiş yolu

üzerinde; burun, nazofaringeal bölge, trakebronşial bölge, bronşitler ve alveoller bulunmaktadır. Solunum yollarının diyagram halindeki ifadesi Şekil 3.1’de verilmiştir. Aşağıda solunum yollarını oluşturan öğeler ele alınmıştır (Drinker, 1954).

3.2.1 Burun

Burun boşluklarının dış kısmı burun kılları ile kaplanmıştır. Burun boşluklarının diğer geri kalan kısmı ise çukurlu yüzeyinde mukoz hücreleri bulunan mukoz membranı ile sıralanmıştır. Bu doku oldukça fazla damarlı yapıya sahiptir ve burada boş toplardamar kanalcıkları bulunmaktadır. Bu burun geçidi doğrudan kafadaki sinüsler ile bağlantılıdır.

Burunun içindeki kıllar ve mukoz materyal nefes alma sonucu içeri alınan partiküllerin çoğunu tutan membran ile saklanmıştır. Solunum bölgelerindeki kirpiksi yapılar materyalleri ağıza doğru hareket ettirmeye meyillidirler. Yapılan araştırmalar solunum kanalındaki partikül tutma mekanizmalarının partikül tutmada yüksek bir verim sağladığını göstermektedir. Maden işçileri üzerinde yapılan bir araştırmada 426 işçinin, bunlardan 241’i silicosis’li diğerleri normal olduğu belirlenmiş ve bu işçilere ait burun yollarının partikülleri tutmadaki verimleri incelenmiştir. Buna göre silicosis’li işçilerde verim %27.5, normallerde ise %45’tir (Drinker, 1954).



Şekil 3.1 Solunum yollarının diyagram halinde ifadesi

3.2.2 Yutak

Yutak, yiyecek ve hava için bir geçiş yoludur. Ağız yolu ile burun boşluğunu birbirine bağlar. Burun tarafı kirpiksi epithelium ile kaplıdır.

3.2.3 Gırtlak ve nefes borusu

Gırtlak, yutak ve nefes borusu arasında uzanan bölgedir. Güçlü kıkırdagımsı yapı ile güçlendirilmiştir. Bir şeyler yerken buradaki kapak mekanizması kapanır. Nefes borusu 1-2 cm çapında kıkırdak çemberler ile güçlendirilmiş, buruna yakın yutak bölgesindeki yapıya benzer yapısı olan mukoz hücrelerle kaplanmış bir yapıdır.

3.2.4 Bronşlar ve alveoller

Bronşlar iki bölüme ayrılabilir. Bunlar gövde ve dallardır. Birinci bölüm basitçe hava geçişini sağlayan bir hava kanalı olarak çalışır, herhangi bir solunum fonksiyonu yoktur.

Toz (dust) partiküllerin bir alt grubudur. Toz tanelerinin boyutları 300-0.10 mikron arasında değişmektedir. Bu aralıktaki partiküllerin yalnızca 60 mikronun altında olanları solunumla alınmaktadır. Toz partiküllerinin büyüklüklerine göre tutuldukları bölgeler Çizelge 3.1'deki gibidir.

Çizelge 3.1 Toz partiküllerinin büyüklüklerine göre tutuldukları bölgeler (Drinker, 1954)

Büyüklükleri	Tutuldukları bölge
10 mikron	Nazofaringeal bölge
5-10 mikron	Trakebronşial bölge
0.5-5 mikron	Alveoller
0.5 mikron	Girer ve çıkarlar

Görüleceği üzere sağlık açısından en önemli olan boyuttaki partiküller; boyutları 0.5-5 mikron arasında değişen ve ince tozlar adı verilen tozlardır. Çünkü bu tozlar solunum yoluyla akciğerlerdeki alveollere kadar ulaşırlar ve "pnömokonyoz" adı verilen akciğer hastalıklarına neden olurlar. Aslında alveollere gelen bu tozların bir kısmı, vücudun koruma mekanizması çok güçlü olduğundan zamanla solunum, salgı gibi akciğerlerin kendi kendisini temizleme özelliğine bağlı olarak elimine edilirler. Geriye kalan kısmı ise akciğerlerde birikerek 10-20 yıl gibi bir sürede akciğer hastalıklarına neden olurlar.

3.3 Biyolojik Etkileri Açısından Tozlar

3.3.1 Toksik tozlar

Vücuda alındıktan sonra çeşitli organlar üzerinde kronik veya akut zehir etkisi yapan tozlar bu sınıfa girerler. Tozun solunma miktarına, havadaki tozun yoğunluğuna, tozu oluşturan toksik maddelerin toz içindeki miktarlarına göre birtakım zehirlenmelere neden olabilirler. Metal işleme sektöründe görülme ihtimali daha çok olan kurşun, kadmiyum, mangan gibi ağır metal tozları bu grubun en belirgin örnekleridir. Mangan sinir sisteminde, kadmiyum ise böbreklerde toksik etkiye sahiptir. Kurşun tozlarının ise birçok sistem üzerinde toksik etkisi vardır. Bunlara örnek olarak kan sistemi, sinir sistemi, sindirim sistemi vb. verebiliriz. Tozlar içinde metal dışında zehirli etkiye sahip bileşikler de bulunabilir. Bunlar da insan sağlığını tehdit edici özelliklere sahiptir.

3.3.2 Kanserojen tozlar

Çeşitli iç ve dış faktörlere bağlı olarak insanlarda kansere yol açabilen tozlardır. Günümüzde kanserojen oldukları saptanmış tozlar şunlardır: Asbest, arsenik ve bileşikleri, berilyum, kromatlar, nikel ve bileşiklerinin tozları. (İSGÜM, 1989).

3.3.3 Radyoaktif tozlar

Hava içinde toz halde bulunan radyoaktif maddeler yaymış oldukları iyonize ışınlar ile insan organizmasının hücre ve dokularında çeşitli hasarlar meydana getirirler. Bunlar çok sayıda olmamakla birlikte bunların en önemlileri; uranyum, toryum, zirkonyum, trityum, seryum ve radyum tuzlarıdır.

3.3.4 Alerjik tozlar

Duyarlı olan insanlarda çeşitli alerjik reaksiyonlara neden olan tozlardır. Birtakım bakteriler, maya küf ve polenler de bu tip etkileri gösterebilirler.

Nemli ve sıcak nitelikteki ambar, ahır gibi yerlerde uzun süre bekleyen saman, ot, hayvan yemi, tahıl, küspe gibi küflü tozları soluyan çiftçilerde görülen alerjik alveolitis en bilinenlerindendir.

Dokuma fabrikaları işçilerinde görülen bisinoz, fırıncılarda görülen bronşialastma alerjik tepkilerdir.

3.3.5 Fibrojenik tozlar

Bazı maddelerin toz partikülleri solunduğu ve akciğerlerde biriktiği zaman akciğerlerde fibrotik şişler meydana gelir. Bu şişlikler zamanla akciğerin dokularının yerini alırlar. Ciğeri yavaş yavaş tahrip etmektedirler. Silis, asbest, talk, alüminyum bu türün en belirgin örneklerindendir. Ayrıca bu türden partiküllerin bulunduğu ortamlarda çalışanların performansı giderek düşmektedir.

3.3.6 İnert tozlar

Bu tür tozlar, vücutta birikebilen fakat fibrojenik ve toksik etkileri olmayan tozlardır. Solunan ve çöken bu partiküller ya nefes alma işlemiyle ve solunumla vücuttan çıkarlar veya en kötü durumda akciğerde kısa vadede büyük sorunlar meydana getirmeden birikirler. Kömür tozu, demir tozu, baryum bileşiklerinin tozları, magnezyum oksit, kireç taşı, mermer ve alçı taşı tozları bu gruba örnek olarak verilebilir (İSGÜM; 1989).

3.4 Tozların Sebep Olduğu Hastalıklar

Tozların neden olduğu akciğer hastalıkları pnömokonyoz başlığı altında toplanmaktadır. Pnömokonyozlar mineral veya metalik tozlarla meydana gelen ve organik tozlarla meydana gelen pnömokonyozlar olmak üzere iki kısımda incelenebilir (Velicangil,1980).

3.4.1 Mineral veya metalik tozlarla meydana gelen pnömokonyozlar

Bunları da iki kısımda incelemek mümkündür (Velicangil,1980).

a) Proliferatif-sklerojen pnömokonyozlar

1. Silikoz
2. Karışık silikozlar
 - Antrako silikozlar
 - Sidero-silikoz
 - Kaolen pnömokonyozu
3. Silikatozlar
4. Asbestoz

5. Talkoz
6. Aluminoz
7. Berilyoz

b) Bazı mineral tozlarla meydana gelen birikme pnömokonyozları

1. Sideroz
2. Stannoz
3. Baritoz
4. Antrakoz

3.4.1.1 Proliferatif-sklerojen pnömokonyozlar

Silikoz:

Silikoz, serbest silisyumdioksit kristallerinin solunum sonucu akciğerlerde birikmesi sonucu oluşan bir hastalıktır. İlerleyici bir nitelik göstermesi, solunum yollarında ve hematoz olaylarında ağır bozukluklar götürmesi bu hastalığın karakteristik özelliklerindendir.

Silis, fibriotik nedeni ile akciğerde sağlam hücreler içinde daha derinlere ihtiva eder ve tozla karşılaşma durumu sona erdikten sonra da belirtiler ilerler. Bunlar silikoz nodülcükleri meydana getirirler ve bu nodüller birbirleri ile birleşerek daha büyük nodüllerin ve nodül kitlelerinin oluşmasını sağlarlar. Bu kitleler, yakınlarındaki akciğer dokuları üzerinde çeşitli etkiler gösterirler (bronşit, kan dolaşımının engellenmesi, anfizem vb.)

Hastalığın gelişme evresi uzun yıllar sürmesine rağmen 1-2 ay içinde ortaya çıkan akut şekilde de görülebilmektedir. İlerlemiş vakalarda öksürük ve balgam en önemli belirtilerdir.

Silikozun neden olduğu bazı rahatsızlıklar bulunmaktadır. Bunlar:

- 1) Akciğer tüberkülozu: Genelde görülmektedir.
- 2) Hilus gangliyonları silikozu: Meydana gelebilmesi için akciğer silikozuna gerek yoktur. Ağır fonksiyonel bozukluklar meydana getirmektedir.
- 3) Akciğer kanseri: Sadece belirli koşulların meydana gelmesi ile birlikte görülürler.
- 4) Hemoptizitler: Sıklıkla görülmektedir.

5) Spontön pnömotoraks: Beklenmedik bir zamanda kendini gösterir (Velicangil,1980).

Karışık silikozlar:

Antrako silikoz (kömür işçileri pnömokonyözü): Kömür işçileri, kömür tozlarından başka silis tozlarını da solumaktadırlar. Böylece bu işçilerde iki çeşit toz birikip Antrakosilikoz hastalığını meydana getirirler. Bu hastalık endüstri olan bölgelerde oldukça sık görülmektedir.

Sidero silikoz: Bu hastalık demir oksitlerin lenf aralıklarına ve takviye edici dokular içine yığılması ile meydana gelir. Akciğer fonksiyonlarında açık bir bozukluk yoktur. Radyolojik olarak incelendiğinde akciğerin her tarafına yayılmış çok ince tabaka görülür.

Kaolen pnömokonyozu: Kaolen çoğunlukla %60-70 gibi yüksek oranlarda silis ihtiva etmektedir. Porselen endüstrisinde hammadde olarak kullanılmaktadır (Velicangil,1980).

Silika tozlar

Birçok silikatların uzun bir süre solunmasından sonra görülen bir hastalıktır. Silikatlar ince lif ağı meydana getirirler. Damar ve broşların etrafında tozlar birikmektedir.

Aspestoz:

Asbest tozlarının solunması sonucu meydana gelir. Bilindiği gibi asbest ısıya karşı tecrit edici bir madde olarak kullanılmaktadır.

Akciğerin özellikle alt kısımlarında yaygın olarak yeni bağ dokuları meydana getirir. Belirtileri silikozdaki gibi klinik seyir ile radyolojik bulgular arasında bir paralellik yoktur. Ansızın kendini gösteren bir hastalıktır. Ancak balgamlı öksürük, göğüs ağrıları şüphe uyandırmaktadır. Radyolojik olarak incelendiğinde akciğer tabanında örümcek ağına benzer bir görünümle karşılaşılır. Hastalığın görülme süresi çalışma şartlarına göre 1-2 sene içerisinde de görülebilir. Diğer belirtilerin dışında eklem ağrıları da çok sık görülmektedir. Bronş kanserine oldukça sık rastlanmaktadır.

Talkoz:

Saf talk, magnezyum silikat hidrate $[Mg_3(Si_4O_{10})(OH)_3]$ dır. Ancak endüstride kullanılan talklar büyük ölçüde silis içermektedirler. Talk lifleri akciğerlerde iltihaplara neden olmaktadır.

Aluminoz (alüminyum pnömokonyozu):

İnce alüminyum tozları ile çalışan kişilerde görülmektedir. Belirtileri, öksürük, balgam,

vakaların birçoğunda solunum yollarında görülen bozukluklardır. Bu hastalığın teşhisi ancak radyoloji ile konulabilmektedir.

Berilyoz:

Metallerle çalışan kişilerde görülmektedir.

3.4.1.2 Bazı mineral tozlarla meydana gelen birikme pnömokonyozları

Bu rahatsızlık ağır sonuçlara götürmeyen pnömokonyozdur. Röntgen filmlerinde tozlu bölgelere rastlanmaktadır. Ancak akciğer fonksiyonlarında herhangi bir zarar görülmemektedir.

3.4.2 Organik tozlarla meydana gelen pnömokonyozlar

Bu grupta bisinoz, pamuk humması, şeker kamışı tozları, çiftçi pnömokonyozu, dokumacı öksürüğü hastalıkları bulunmaktadır.

Bisinoz hastalığına pamuklu dokuma endüstrisinde, özellikle pamuk balyalarının açıldığı yerlerde rastlanılmaktadır. Hastalık bir süre çalıştıktan sonra görülmektedir. Belirtileri üç aşamada gerçekleşmektedir (Velicangil,1980).

1. Genellikle pazartesi günleri öksürük ve üst solunum yollarında tahriş belirtileri görülmektedir. Göğüs sıkışması, balgam, iştahsızlık ve bitkinlik diğer belirtilerdir.
2. Daha sonraki senelerde şikayetler gittikçe artar ve diğer iş günlerinde de görülmeye başlar.
3. Tedavi yapılmazsa 20-30 sene sonra bronşit ile birlikte kronik ve astım rahatsızlıkları görülür.

4 İÇ ORTAM HAVA KALİTESİNİN İYİLEŞTİRİLMESİ

4.1 Genel

Hava kalitesini etkileyen kirleticiler ya gaz formunda yada partikül formunda bulunurlar. Yapı içindeki toz partikülleri doğal olarak bakteri, çeşitli türlerde küf sporları, camyünü, ve diğer tahriş edici, toksik, alerji yapan materyalleri içermektedir. Yapılan araştırmalar sonucunda havadaki toz miktarındaki her artış için alerji ve astım nöbetlerinde ve ölümlerde ölçülebilir bir artışın olduğu görülmüştür.

4.2 Havalandırma Sistemleri

Havalandırma, işletme prosesleri için kullanılan veya saklanan kimyasalların iç ortam havasındaki toksik veya yanabilir konsantrasyonlarının azaltılması konusunda önemli bir araçtır. Havalandırma işlemi ile, temiz hava üretilene veya ortam emin hale gelene kadar iç ortam hava kirletici etkenleri veya yanıcı gazlar uzaklaştırılmaktadır (Patty, 1958).

4.2.1 Havalandırma metotları

Endüstriyel yapıları havalandırmak için çok sayıda yöntem kullanılmaktadır. Yaygın metotlara örnekler aşağıda incelenmiştir.

4.2.1.1 Doğal havalandırma (güç kullanılmadan yapılan havalandırma)

Doğal havalandırma genellikle ambar ve eşya depoları (inert materyal, toksik olmayan gazlar ve kimyasal maddeler vb. depolanan) için yeterlidir. Doğal olarak havalandırılan binalar için dizayn parametreleri içinde binanın yapısı, çevresi, baskın rüzgar yönü ve diğer hava ile ilgili faktörler bulunmaktadır. Bunlar, kendiliğinden meydana gelen havalandırma, pencerelerle yapılan havalandırma, havalandırma bacalarıyla sağlanan havalandırma olarak sınıflandırılabilir.

Bilindiği gibi ısınan hava yükselir, bunun yerini kapı aralıklarından gelen soğuk hava doldurur. Bu şekilde ısı değişiminden kaynaklanan bir havalandırma meydana gelmiş olur. Ancak bu, aşırı miktarda toz meydana getiren proseslerin bulunduğu iç ortamları temizlemek için yeterli bir sistem değildir.

Pencerelerle yapılan havalandırma, kendiliğinden meydana gelen havalandırmalar içinde en verimli olanlarından biridir. Ancak bu sistem de tek başına aşırı derecede toz meydana getiren

prosesler için uygun değildir. Bu sistem, ancak mekanik havalandırma sistemlerine yardımcı bir sistem olarak kullanılabilir.

Havalandırma bacalarıyla yapılan havalandırma ise en çok kullanılan metotlardan birisidir. Endüstriyel yapılarda ve özellikle ergitme tesislerinde oldukça sık rastlanılan bir havalandırma sistemidir. Bina inşa edilirken salonun üst kısmında açılan bir menfeze başlığın monte edilmesi ile yapılan havalandırmadır. Birkaç katlı işyerlerinde havalandırma bacası birbirlerinden bağımsız veya ortak olabilir (Patty, 1958).

4.2.1.2 Mekanik havalandırma (güç kullanılarak yapılan havalandırma)

Bu tip havalandırmayı herhangi bir duvara yerleştirilmiş aspiratörlerle havalandırma, merkezi havalandırma tesisatı ile havalandırma, klima tesisatı kullanılarak yapılan havalandırma gibi sınıflara ayırabiliriz.

Aspiratörlerle yapılan havalandırmada, etrafındaki havayı emip dışarı atarlar. Isınan hava yükseldiğinden bunlar tavana yakın yerlere monte edilirler. Ayrıca aspiratörlerle yapılan değişik bir havalandırma daha vardır. Bunda ise aspiratörler çalışılan yerin herhangi bir yerine konulabilir. Bu tip aspiratörler, genellikle evlerde serinlemek için kullanılan tiplere benzerler. Bunlar oda içindeki havaya akım vererek hava hareketlerini etkilerler

Havalandırma tesisatları, çalışan kişilerin rahat çalışmalarına yetecek hava kadar kirlenen sıcak havayı kanallar ve vantilatörleri ile emip dışarı atan sistemlerdir.

Sanayide bazı iş kollarında belirli limitler içinde nem, ısı ve serinliğe ihtiyaç vardır. Klima tesisatı, herhangi bir bölümdeki havayı dış havaya bağlı olmadan istenilen ısı derecesinde ve istenilen rutubette tutabilecek bir havalandırma aracıdır (Patty, 1958).

4.3 İdeal Bir Havalandırma Tesisatının Özellikleri

İdeal bir havalandırma tesisatında göz önünde bulundurulması gereken kriterler:

1. Havalandırma esnasında mümkünse gürültü hissedilmemelidir.
2. Hava üfleme hızı insanı rahatsız etmeyecek şekilde az olmalıdır.
3. Hava üflenirken, yerdeki veya çökmekte olan tozlar havaya kaldırmamalıdır.
4. Havalandırma ortamın her yerinde eşit olmalıdır.

4.4 Genel Havalandırma

Genel havalandırma, tüm ortamda, doğal veya mekanik olarak kirlenmiş gazın dışarı atılması suretiyle yapılmaktadır.

Genel havalandırma iki kısımda incelenebilir:

1. Doğal genel havalandırma: Bu da iki kısımda incelenir.
 - Genellikle yatay hava akımının etkisiyle alan boyunca havanın yayılması sonucu hava hareketli havalandırma
 - Dikey hava yayılımı veya iç/dış ortam sıcaklık farklarından kaynaklanan hava hareketi
2. Mekanik genel havalandırma: Bu tip havalandırma iki kısım altında incelenebilir.
 - Direkt olan: Hava verme ile seyreltme ve hava çekme ile seyreltme olarak iki kısımda incelenebilir.
 - Direkt olmayan: Herhangi bir açıklıktan alınan dış ortam havasının meydana getirdiği çok düşük basıncın meydana getirdiği havalandırma tipidir.

Konsantrasyon miktarları limitlerin altında olmasına rağmen toz, fume ve mist için odaları büyük bir çöktürme odası haline getirmesi genel havalandırmanın en büyük dezavantajıdır. Dışardan alınan hava içindeki toz konsantrasyonu, tehlike ve sıkıntı oluşturabilecek mertebede olmamasına rağmen, sistem gereği, ortamda birkaç ay veya yıl içinde önemli miktarda toz birikmesi meydana gelebilmektedir (Patty, 1958).

4.5 Gerekli Hava İhtiyacı

Çalışma ve yaşama ortamlarında, çalışma verimliliği ve sağlığın korunması için, sağlanacak temiz hava ihtiyacının bilinmesi gerekmektedir. Hava ihtiyacı, iyi bir hava dağıtımı ile verimli olabilir. Hava ihtiyacına tesir eden önemli bazı faktörler aşağıda verilmiştir:

1. Yanma sistemleri, proses ve bina ısınısını uzaklaştırmak için gerekli başlıklar ve hava çekme sistemlerini sağlamak
2. Sızıntıları önleyerek istenen ölçüde hava akımını sağlamak
3. Havanın temiz kaynaklardan elde edilmesi

4. Bina içindeki ortamlardan hava akımının olması veya olmaması için gerekli basınçların teminine ve kontrolüne imkan vermek. Bu tip kontroller üç sonuç için gereklidir:

- Negatif ve pozitif basınçtan sakınmak
- Kirleticilerin yayılmasının engellenmesine ve sıcaklığın, nemin ve hava hareketlerinin istendiği şekilde kontrolüne müsaade etmek
- Isının muhafazasına olanak vermek.

4.6 Endüstriyel Hava Çekme Sistemleri

Endüstriyel hava çekme sistemleri istenmeyen tozları, fümeleri, gazları, mistleri, buharları tutan ve uzaklaştıran sistemlerdir. İki tip hava çekme sistemi vardır:

1. Genel hava çekme
2. Yerel hava çekme

Genel hava çekme sistemi, özellikle bir nokta için kullanılmayan, o tesisin tümü için kullanılan sistemlerdir. Yerel hava çekme sistemi ise kirleticilerin kaynağını oluşturan noktadan çıkar çıkmaz tutulmasını sağlayan sistemlerdir. Yerel hava çekme tercih edilendir. Çünkü minimum hava hacmiyle daha iyi kirletici tutulabilmektedir. Böylece hava temizleme maliyeti düşmektedir.

4.6.1 Yerel hava çekme sistemi

Yerel Hava çekme, kirletici işyerine dağılmadan önce kaynaktan veya kaynağın yakınında kimyasal madde, partikül, mist veya diğer emisyonları yakalamak için kullanılır. Bu sistemler; başlık, hava temizleyiciler ve fanlardan oluşmaktadır. Başlığın dizaynı ve yerleştirilmesi bu sistemin dizaynının en önemli iki unsurudur. Şekil 4.1’de günümüzde yaygın olarak kullanılan başlıklar görülmektedir

Başlık, kaynağa mümkün olduğunca yakın yerleştirilmelidir. Hava çekme başlığı, işçinin nefes aldığı seviyeden ve bulunduğu yönden havayı çekmemelidir.

Hava çekme sistemindeki elemanların (başlık hariç) dizayndaki durumları aşağıdadır (Woodside, 1993):

- Spesifik kirleticilerin (gaz, partikül vb.) taşıma hızlarına dayanan minimum boru hızı

- Dallanmalar halinde uygun boru ölçüleri ve hava akış hızları
- Sistem boyunca sürtünme kayıpları
- Hava akımı dengesi
- Fan tipi ve basınç mertebesi
- Sıcaklık ve nem değişimleri
- Hava akış hızı ayarlama levhaları ve kirletici tutma kapanları
- Bacaların tipi ve yerleştirilme şekilleri

Fonksiyonel şartlar ise aşağıdaki gibidir:

- İşçilerin konumuna göre hava ağızlarının konumları değişebilmeli
- Havalandırma sistemi çalışma ortamının ısını çalışmayı zorlaştıracak seviyeye getirmemelidir.

4.6.1.1 Yerel hava çekme sistemi parçaları

Yerel hava çekme sistemi dört temel parçadan oluşmaktadır (Woodside, 1993):

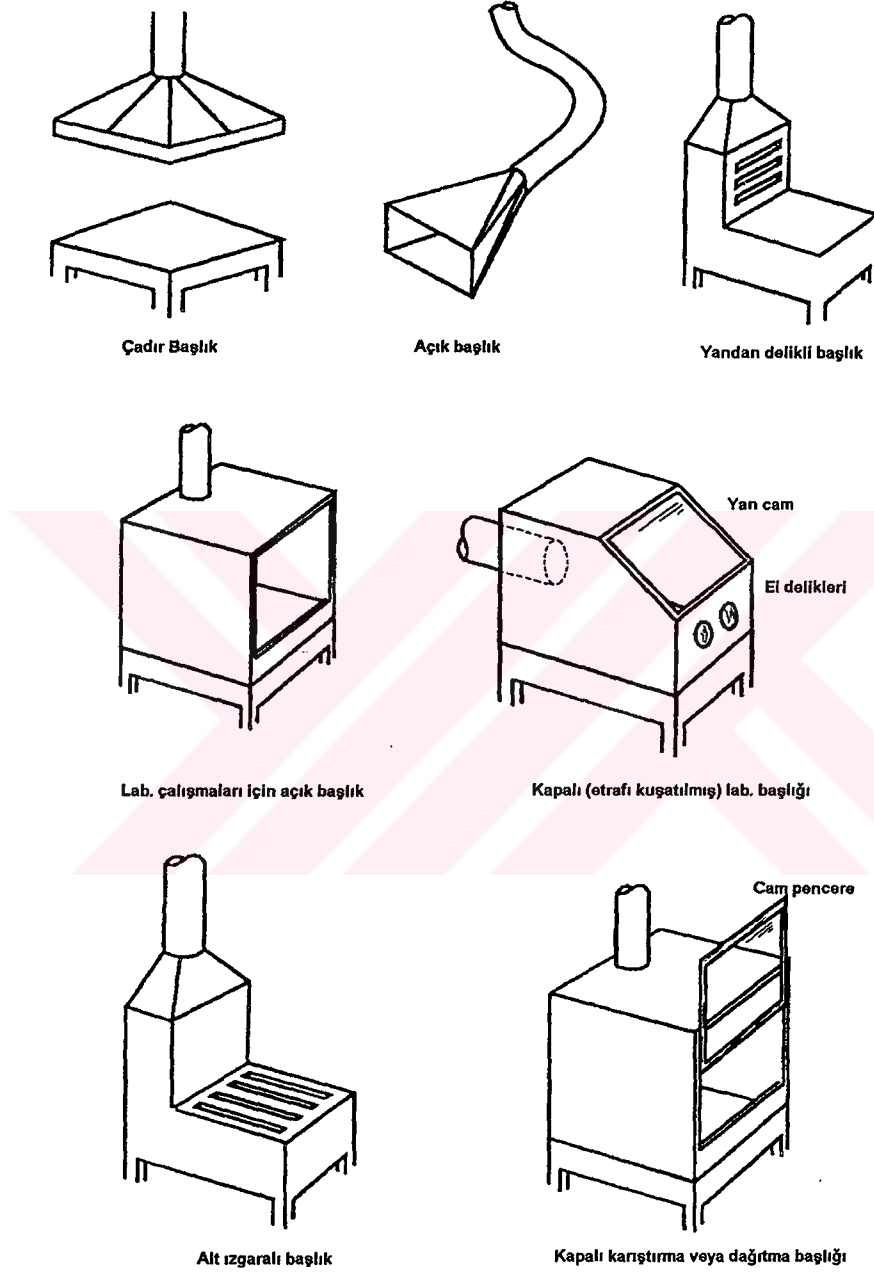
1. Başlık veya bazen sadece hortum ucu
2. Kanal (boru) sistemi
3. Hava temizleme ekipmanı
4. Fan

4.7 Başlıklar

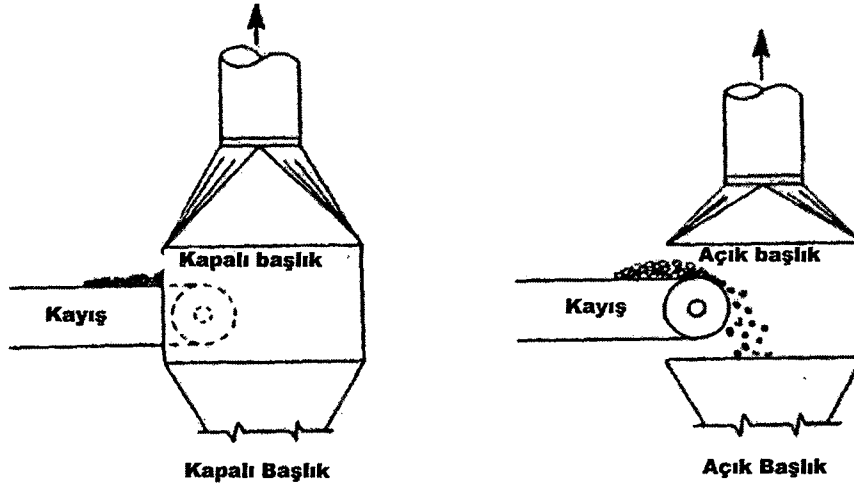
Başlıklar, çeşitli kirletici kaynaklarından çıkan kirleticileri uzaklaştırmak için kullanılan hava çekme sisteminin ilk parçasıdır. Çok çeşitli boyutlarda ve şekillerde başlıklar vardır. En etkili başlık, maksimum kirlilik kontrolünü sağlayan minimum hava çekme hacimsel oranını kullanan başlıktır. Başlık dizayn edilmeden önce kirlilik üreten proses hakkında detaylı bilgiler elde edilmelidir.

Başlıklar, hem açık hem de kapalı olabilmektedir (Şekil 4.2). Kapalı başlıklar, kirlilik

kontrolünü sağlamada daha verimli ve daha ekonomiktir.



Şekil 4.1 Günümüzde kullanılan başlık türlerine örnekler (Woodside, 1993)



Şekil 4.2 Kapalı ve açık başlıklar (ASHRAE Handbook, 1984)

4.7.1 Yakalama hızı

Yakalama hızına ulaşabilmek için, yeteri kadar hava başlığa doğru hareketlendirilmelidir. Hız, kirleticilerin dışarıya kaçmasını önlemek için yeterli olmalıdır. Tipik operasyonlar için yakalama hızı aralıkları Çizelge 4.1’de verilmiştir. Bu hızlar, her durum için değişen değerlere sahip olabilir. Örnek durumlar; odanın hava akımı, kirleticilerin toksisiteleri, başlıkların kullanım oranı vb. olarak verilebilir. Bu nedenle, yakalama hızlarında belirli sabit bir değer bulunmamaktadır. Her durum ayrı olarak belirlenmelidir.

Çizelge 4.1 Yakalama hızları (ASHRAE Handbook, 1984)

Kirletici dağılım durumları	Örnekler	Yakalama hızı, m/sn
Hareketsiz hava içinde yavaş tahliye	Tanktan buharlaşma, kaplama	0.25-0.5
Kısmen hareketsiz hava içinde düşük hızda salıverme	Tanka dolum, eritme	0.5-1.0
Hızlı hava hareketi olan alana aktif salıverme	Varil doldurma, ezme, sıkma	1.0-2.5
Çok hızlı hava hareketi olan alana yüksek hızda salıverme	Öğütmek, yuvarlamak	2.5-10.0

4.7.2 Çekilecek hava debisi

Başlıkların konfigürasyonu ve yakalama hızlarının belirlenmesinden sonra çekilecek hava debisi hesaplanmalıdır.

Kapalı başlıklar için hava debisi, başlık çekiş kesit alanına bağlı olarak değişir. Debi aşağıdaki formül ile hesaplanmaktadır. İç akış hızı yaklaşık 0.5 m/sn' dir. Hava başlıklara üniform şekilde girmelidir. Bazen yönlendirici/engelleyici plakalar gerekli olur (Şekil 4.3).

$$Q=VAdf \quad (4.1)$$

Burada;

Q = Hacimsel debi (lt/sn)

V = Ortalama akım hızı (m/sn)

A = Kesit alanı (m^2)

df = Düzeltme faktörü (1000)

Hızı bulmak için kullanılan formül aşağıdaki gibidir:

$$V=df(P_v/\rho)^{1/2} \quad (4.2)$$

Burada;

P_v = Hız basıncı (Pa)

ρ = Yoğunluk (kg/m^3)

df = Düzeltme faktörü (1.414)

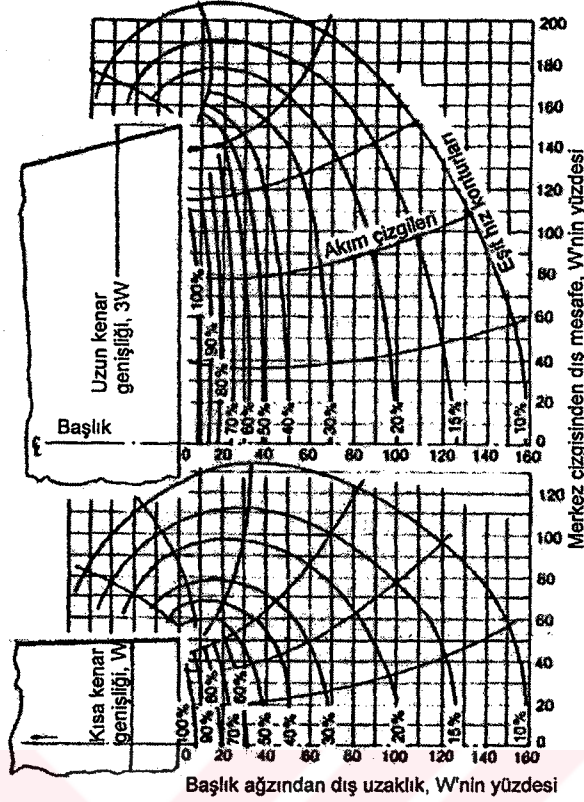
Açık başlıklar için prostenen açığa çıkan kirleticilerin meydana geldikleri noktadaki yükselme/çökme hızı en azından yakalama hızına eşit olmalıdır ve kirletici başlığa doğrudan girmelidir. Açık başlığın en basit formu düz açıklıktır (Şekil 4.4). Dörtgensel açıklıklar için gerekli debi aşağıdaki formül ile hesaplanabilir (ASHRAE Handbook, 1984).

$$Q=V(10x^2+A)df \quad (4.3)$$

Burada;

V =Yakalama hızı (m/sn)

x =Başlık yüzeyinden kirleticilerin meydana geldiği noktaya merkezi olarak uzaklığı (m)



Şekil 4.5 Dörtgen başlık için hız konturları (kenar oranları 1/3) (ASHRAE Handbook, 1984)

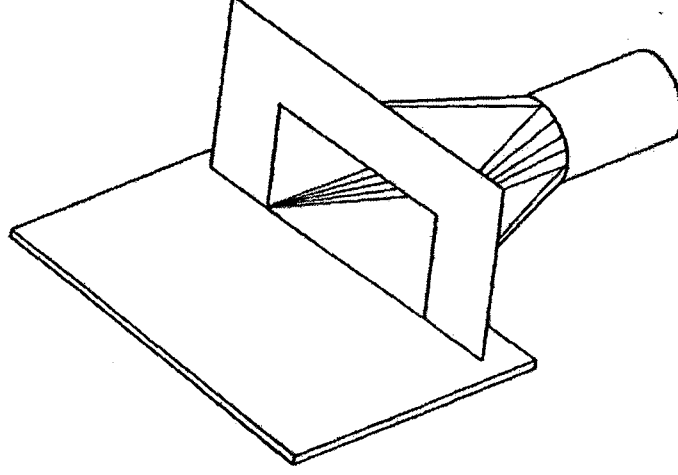
Şekil 4.4'de dairesel açıklıklar için eşit hız çizgileri görülmektedir. Bu hızlar, başlık yüzey alanlarının yüzdeleri olarak tanımlanmaktadır.

Şekil 4.5'te dörtgen açıklıklar (kenar oranı 1:3 olan dörtgenler için) hız çizgileri görülmektedir.

Şekil 4.4 ve 4.5'te hava arka taraftan başlığa doğru hareket etmektedir. Başlık ağzına monte edilen yönlendirici levhalar, başlığın, arkasındaki havayı da çekmemesi için kullanılır. Bunlara bu konunun pratiğinde flanş da denilmektedir.

Açık başlıkların verimini artırmaya yardım eden bir başka tertip, başlığın önündeki istenmeyen alanlardan gelecek hava akımını önleyen bariyer diye adlandırılan levhalardır.

Örneğin, eğer dörtgen başlık Şekil 4.6'da gösterildiği gibi tezgah üzerine yerleştirilirse, aşağı taraftan başlığa hava gelmez. Bu şekilde başlığın verimi artar. Flanşlı ve bariyerli açık başlıklar, kapalı başlıklarla benzer davranış sergileme avantajına sahiptir.



Şekil 4.6 Tezgah üzerine yerleştirilen başlık (ASHRAE Handbook, 1984)

Açık başlıklar, gereksiz hava çekişinden kaçınmak için kirleticilerin olduğu kaynaklara mümkün olduğunca yakın yerleştirilmelidir. Şekil 4.4 ve 4.5'te başlığın önündeki mesafenin artması durumunda hızın da başlıkla olan mesafeyle birlikte çok hızlı bir şekilde azaldığı görülmektedir. Denklem 4.3'ten de görüleceği üzere, debi, uzaklığın karesiyle doğrudan ilişkili olarak değişmektedir. Açık başlıklar, yakalama mesafesinin 1 m' den daha fazla olması durumunda etkili değildir. Büyük yakalama mesafeleri kirletici kontrolünü azaltabilmektedir. Oda hava akımı, termal akımlardan kaynaklanmaktadır. Eğer yakalama mesafesi 1 m' den fazla ise, kirletici kaynağın diğer tarafından düşük hızlı hava akımı ile kirleticileri başlıklara yönlendiren sistemlere gerek duyulmaktadır.

4.7.3 Isı çıkaran prosesler için kullanılan başlıklar

Isı çıkaran proseslerin hava çekme sistemi, mümkün mertebe üretilen sıcak havanın kaybedilmemesi gerektiğinden birtakım özel dizayn kriterleri gerektirmektedir. Minimum hava çekme debisi, ancak, tamamen kapalı sistemler ile sağlanabilir, sobaya boruların takılıp yanma gazların bacaya iletilmesi gibi. Isı çıkaran sistemlerde, hava çekme debisinin belirlenmesinde ısı transfer hızının, iç/dış ortam sıcaklık farkının ve prosesin fiziksel ölçülerinin bilinmesi gerekmektedir (ASHRAE Handbook, 1984).

Eğer proses tamamen kapalı değilse, kirleticilerin doğal ilerleme yönlerini başlıklara doğru yönlendirecek şekilde prosesin üstüne başlıklar yerleştirilir. Açık başlıklar genellikle kirletici kaynağından 0.1-3 metre mesafede yerleştirilir. 3 metreden daha fazla olan durumlarda prosesten yükselen kirleticiler içerideki hava akımının da etkisiyle etrafa yayılacaklardır.

4.7.4 Başlık giriş yük kayıpları

Hava başlığa girdiğinde dinamik kayıplar yüzünden toplam basınçta da kayıplar olmaktadır. Bu kayba başlık giriş yük kaybı denir. Yük kaybı aşağıdaki formülle hesaplanır:

$$h_e = C_0 P_v \quad (4.4)$$

Burada;

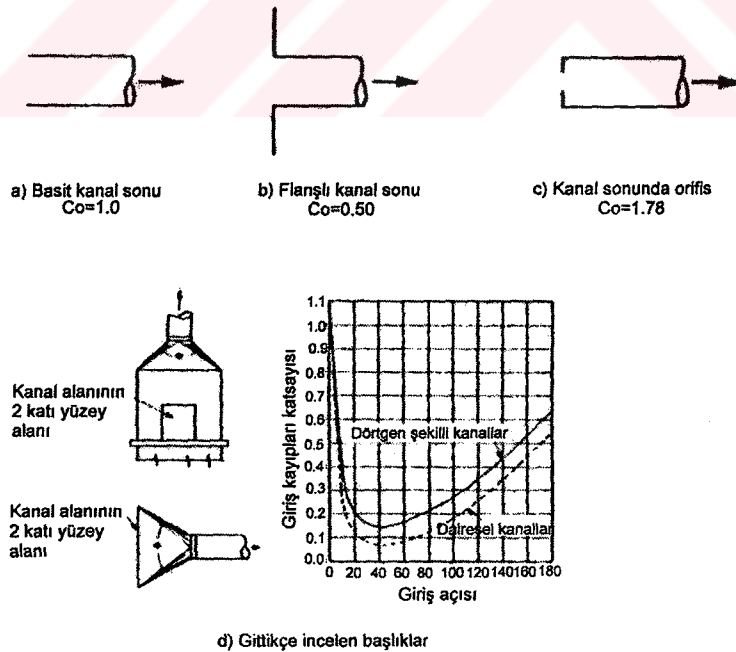
h_e = Başlık yük kaybı (Pa)

C_0 = Yük kaybı katsayısı

P_v = Hız basıncı (Pa)

Çeşitli başlık şekilleri için yük kayıp katsayıları Şekil 4.7'de verilmektedir. Şekil 4.7'de verilen grafik giriş yük kayıplarını en aza indirebilmek için optimum başlık giriş açısını göstermektedir.

Toplam basıncın boru sistemlerinde ölçümü oldukça zordur. Çünkü değerleri noktadan noktaya farklılıklar göstermektedir. Ancak statik basınç her tarafta aynı kalmaktadır. Bunun için sadece statik basıncın ölçümü hacimsel akım oranının tespitinde yeterli olmaktadır. Statik basınç (Pa) aşağıdaki formül ile hesaplanmaktadır (ASHRAE Handbook, 1984).



Şekil 4.7 Tipik başlıklar için giriş yük kayıpları (ASHRAE Handbook, 1984)

$$SP = P_v + h_e \quad (4.5)$$

Tekli başlıklarda sadece bir dinamik kayıp vardır. Bu durumda statik basınç aşağıdaki gibidir.

$$SP=(1+C_0)P_v \quad (4.6)$$

Bileşik başlıklar sınıfına çok ve tek yarıklı başlıklar girmektedir. Burada statik basıncı hesaplarırken hem yarık girişindeki, hem de kanal girişindeki yük kaybı hesaplanmalıdır:

$$SP=P_v+(C_0P_v)_y+(C_0P_v)_k \quad (4.7)$$

4.8 Fanlar

Fan, havalandırma sisteminin temel öğelerinden biridir. Santrifüj pompa ve kompresöre benzer temel çalışma prensiplerine sahip gaz akımı üreten bir araçtır. Mekanik döndürme enerjisini içlerindeki şaftlar ile hava akımını harekete geçirmek için toplam basınç enerjisine dönüştürür (Markert, 1969).

4.8.1 Fanlarla ilgili terminoloji, kısaltmalar ve tanımlamalar

Fan teknolojisinde en çok kullanılan terimler aşağıda sıralanmıştır.

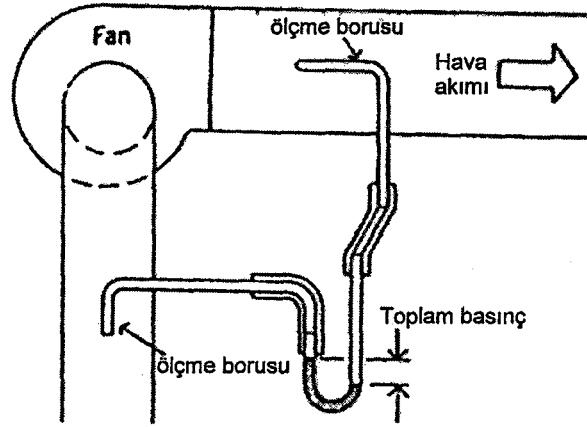
Standart hava: 20°C sıcaklık, 76 cm civa basıncı ve 1.25 kg/m³ yoğunluğuna sahip havadır.

Su ayarı: Su sütunu kolonunun yüksekliği olarak tanımlanan basınç ölçüsüdür.

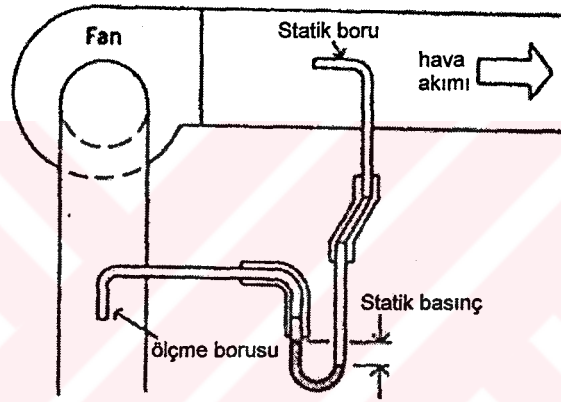
CFM ve SCFM (V): Fan tarafından sisteme verilen havanın dakikadaki hacmi. SCFM, standart havanın hacmi, CFM ise herhangi bir havanın hacmidir.

Fan toplam basıncı (TP): Fanın girişindeki ve çıkışındaki toplam basınçların farkına denir. Fan toplam basıncı, fan tarafından hava veya gaza verilen toplam mekanik enerjinin bir ölçüsüdür. Nasıl ölçüldüğü Şekil 4.8’de gösterilmektedir.

Fan statik basıncı (SP): Fan statik basıncı, fan toplam basıncı ile fan hız basıncının farkıdır (Şekil 4.9). Fan çıkışındaki statik basınçtan fan girişindeki toplam basıncın çıkartılması ile hesaplanılmaktadır. Bu, endüstride bazı karışıklıkların kaynağını teşkil etmektedir. Oysa, fan statik basıncı ile toplam basınç ile aşağıdaki ilişkiler söz konusudur:



Şekil 4.8 Fan toplam basıncı (Markert, 1969)



Şekil 4.9 Fan statik basıncı (Markert, 1969)

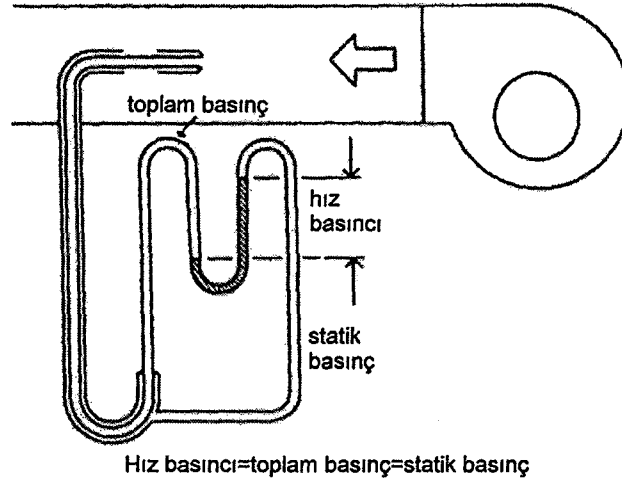
$$\text{Fan statik basıncı} = \text{Toplam basınç (çıkış)} - \text{toplam basınç (giriş)} - \text{hız basıncı (çıkış)} \quad (4.8)$$

$$\text{Hız basıncı (çıkış)} = \text{Toplam basınç (çıkış)} - \text{Statik basınç (çıkış)} \quad (4.9)$$

Hız basıncı yerine konulursa aşağıdaki denklem elde edilir:

$$\text{Fan statik basıncı} = \text{statik basınç (çıkış)} - \text{toplam basınç (giriş)} \quad (4.10)$$

Fan hız basıncı (VP): Fanın çıkış hızına uygun bir basınçtır. Hava akımının birim hacimdeki kinetik enerjisidir (Şekil 4.10).



Şekil 4.10 Fan hız basıncı (Markert, 1969)

Hava beygir gücü (AHP): Verilen basınca karşı verilen hacimdeki havayı hareket ettirebilmek için gerekli beygir gücüdür.

$$\text{StatikAHP} = 1.1 \times 10^{-7} \times V \times SP \quad (4.11)$$

$$\text{ToplamAHP} = 1.1 \times 10^{-7} \times V \times TP$$

Frenleme beygir gücü (BHP): Hava beygir gücünden büyüktür. Çünkü hiçbir fan %100 verime sahip değildir.

$$\text{BHP} = \frac{1.1 \times 10^{-7} \times V \times TP}{\text{FanToplamVerimi}} \quad (4.12)$$

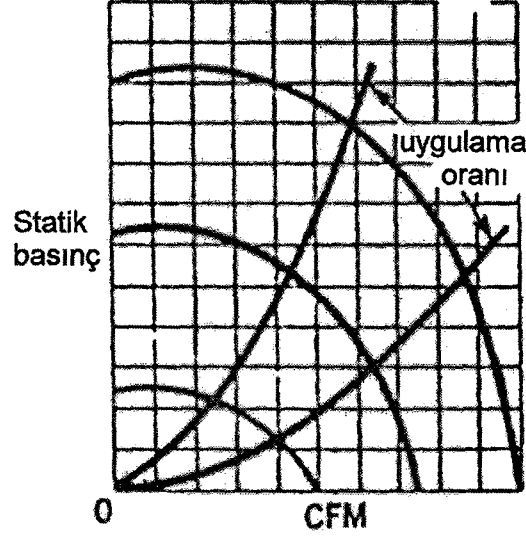
Statik verim (S.E.): Statik hava beygir gücünün fana girişteki güce oranıdır.

$$S.E. = \frac{\text{Güç}(\zeta)}{\text{Güç}(g)} = \frac{1.1 \times 10^{-7} \times V \times SP}{BHP} \quad (4.13)$$

Mekanik verim (M.E.): Toplam verim olarak da tarif edilir (T.E.).

$$M.E. = \frac{1.1 \times 10^{-7} \times V \times TP}{BHP} \quad (4.14)$$

Uygulama (kullanma) oranı: Üretici tarafından belirlenen çalışma hacmi ve basıncının oranıdır (Şekil 4.11).



Şekil 4.11 Uygulama oranı (Markert, 1969)

Doğal dağıtım: Tamamen açık CFM’de denilmektedir.

İkincil hız (TS): Fanın devir sayısı ile fanın iç çemberinin çarpımına eşittir.

$$TS = \frac{\pi D \times R}{12} \quad (4.15)$$

4.8.2 Fan yasaları

Fan yasaları, santrifüj ve eksenel fanın her ikisindeki performans değişkenlerini kapsamaktadır. Değişkenler fan ölçülerini içermektedir (fan çapı, fanın devir sayısı, gaz yoğunluğu, fanın kapasitesi, statik basıncı, ses gücü seviyesi, verimi vb.). Fan yasaları geometrik olarak orantılı fanlar için kesin sonuçlar verirler.

4.8.2.1 Fanın devir sayısındaki değişimin etkisi

Fanın devir sayısındaki değişiklik hava debisiyle doğru orantılıdır. Yani

$$\frac{V_1}{V_2} = \left(\frac{R_1}{R_2} \right) \text{ dir.} \quad (4.16)$$

Statik basınç değerleri devir sayısının karesi ile orantılıdır.

$$\frac{SP_1}{SP_2} = \left(\frac{R_1}{R_2} \right)^2 \quad (4.17)$$

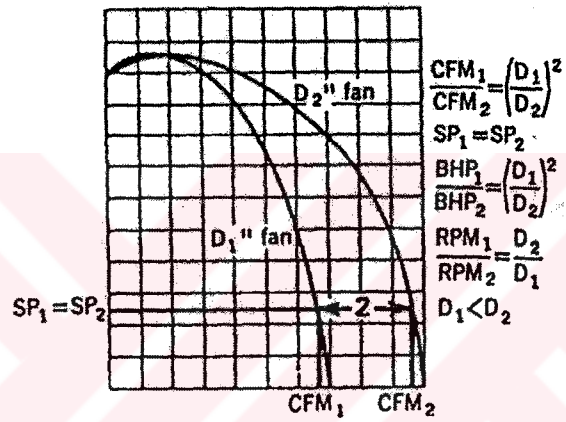
Beygir gücü değerleri ise devir sayısının küpü ile orantılıdır.

$$\frac{BHP_1}{BHP_2} = \left(\frac{R_1}{R_2} \right)^3 \quad (4.18)$$

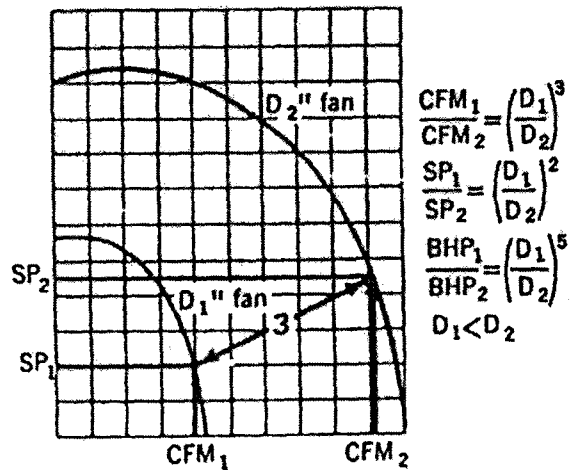
Devir sayısındaki değişiklik verimi değiştirmemektedir. Statik basıncın değişimi hava hacminin değişiminden daha fazla etkilidir.

4.8.2.2 Fan ölçülerinde yapılan değişikliğin etkisi

Şekil 4.12 ve 4.13’de ölçülerdeki değişikliğin etkileri görülmektedir. Hava hacmi ve beygir gücünün değeri fan çapının karesi ile orantılıdır:



Şekil 4.12 Çap değişikliğinin etkisi (uç hızı sabit)



Şekil 4.13 Çap değişiminin etkisi (Devir sayısı sabit)

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{BHP_1}{BHP_2} = \left(\frac{D_1}{D_2} \right)^2 \quad (4.19)$$

Statik basınç değışmemektedir. Devir sayısı fan çapı ile ters orantılıdır:

$$\frac{RPM_1}{RPM_2} = \frac{D_2}{D_1} \quad (4.20)$$

Hava debisi değeri fan çapının küpü ile orantılıdır:

$$\frac{CFM_1}{CFM_2} = \left(\frac{D_1}{D_2} \right)^3 \quad (4.21)$$

Statik basınç değeri fan çapının karesiyle orantılıdır:

$$\frac{SP_1}{SP_2} = \left(\frac{D_1}{D_2} \right)^2 \quad (4.22)$$

Fren beygir gücü fan çapının 5. dereceden kuvveti ile orantılıdır:

$$\frac{BHP_1}{BHP_2} = \left(\frac{D_1}{D_2} \right)^5 \quad (4.23)$$

4.8.2.3 Yoğunluğun etkisi

Fan hacmi yoğunlukla değışmemektedir:

$$V_1 = V_2 \quad (4.24)$$

Statik basınç ve fren buhar beygiri değeri yoğunlukla doğru orantılıdır:

$$\frac{SP_1}{SP_2} = \frac{BHP_1}{BHP_2} = \frac{d_1}{d_2} \quad (4.25)$$

Fan hacmi, devir sayısı, fren beygir gücü değeri yoğunluğun karekökü ile ters orantılıdır:

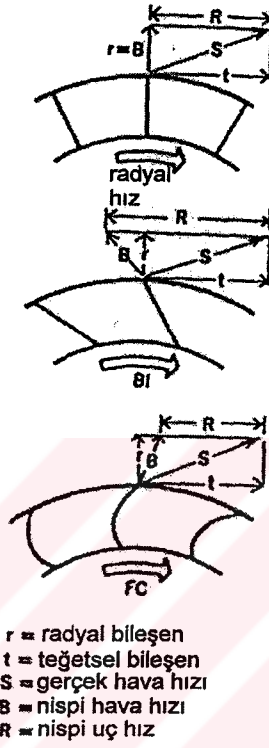
$$\frac{CFM_1}{CFM_2} = \frac{RPM_1}{RPM_2} = \frac{BHP_1}{BHP_2} = \left(\frac{d_2}{d_1} \right)^{1/2} \quad (4.26)$$

4.8.3 Fan tipleri

İki tip fan vardır. Santrifüj ve eksenel fanlar. Santrifüj fan içindeki akım, dairesel kısma

doğru radyalleşir. Eksenel fanda ise akım, şafta paraleldir. Santrifüj fanlar dört genel kısma ayrılmaktadır: İleri kavisli, geri kavisli, radyal bıçaklı ve tüplü santrifüj.

Santrifüj fanın devir sayısı, istenilen hızı üreten pervanenin ucunun hızı ile hesaplanır (Şekil 4.14). Bu istenilen hız (S) iki hızın vektörel bileşenidir. Bunlar radyal hız (r) ve teğetsel hızdır (t).



Şekil 4.14 Santrifüj fan hız bileşenleri

Pervane bıçağına doğru havanın nispi hızı, yaklaşık olarak bıçağa teğet olan bıçak vektörü (B) ile gösterilir. Diyagramda görüldüğü gibi uç hız vektörünün (R) uzunluğu, devir sayısını gösterir. R vektörünün nispi uzunluğu üzerine yapılan çalışmalar göstermiştir ki geri kavisli fan en yüksek uç hızı gereksinim duyarken, ileri kavisli fan ise en düşük uç hızı gereksinim duymaktadır.

4.8.3.1 İleri kavisli santrifüj fan

İleri kavisli santrifüj fan, nispeten düşük hızda hareket eder ve genellikle düşük statik basınçlarda yüksek hacimler üretmek için kullanılır.

Bu tip fan, %80'e varan verimlere sahiptir

İleri kavisli santrifüj pompanın avantajı, düşük maliyet, şaft ve taşıma ölçülerini minimize

eden düşük hız ve geniş kullanım alanının olmasıdır. Dezavantajı ise beygir gücüne aşırı yükleme yapılmasıdır. Bu şekilde, eğer sistem statik basıncı düşerse, motora aşırı yükleme olacaktır. Ayrıca bıçakların yerleştirilme şekilleri ve yapılarının zayıf olması nedeniyle ileri kavisli santrifüj fanlar genellikle daha yüksek statik basıncı üretmek için gerekli yüksek hıza ulaşamamaktadırlar.

4.8.3.2 Geri kavisli santrifüj fan

Geri kavisli santrifüj fan, ileri kavisli santrifüj fanın hızını yaklaşık olarak ikiye katlamaktadır. Geri kavisli santrifüj fanın avantajı, daha yüksek verim ve aşırı yüklenmenin olmamasıdır. Dezavantajı ise, daha uzun şaft ve diğer ölçülerin daha büyük olmasını gerektiren yüksek hızdır. Yassı bıçakların inceliği, verimi %86'lara çıkarmakta ve gürültü seviyesini azaltmaktadır (Markert, 1969).

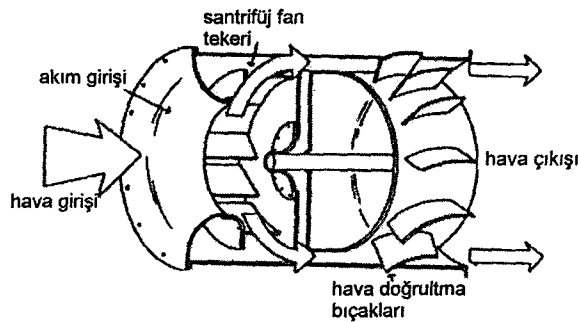
4.8.3.3 Radyal bıçaklı fan

Radyal bıçaklı fan, diğer santrifüj fanlara oranla daha dardır. Bu yüzden daha geniş çaplı çarklara gerek duyulmaktadır. Bu maliyeti artırmaktadır.

Radyal bıçaklı fan, yüksek statik basınçta düşük hacimlere ayarlayabilmek için son derece uygundur. Dezavantajı olarak, yüksek maliyet ve daha düşük verim verilebilir (Markert, 1969).

4.8.3.4 Tüplü santrifüj fan

Tüplü santrifüj fan, genellikle silindirin içine doğru hava akımını radyal olarak almak için silindir üzerinde dizayn edilmiş, geniş ince hava akımı oluşturan bıçaklardan oluşan bir sistemdir. Şekil 4.15'de tüplü santrifüj fan görülmektedir. Hava, içeri alındıktan sonra akım elde etmek için fan şaftı ile paralel olarak yönlendirilir (Markert, 1969).



Şekil 4.15 Tüplü santrifüj fan

4.8.3.5 Eksenel fan

İki tip eksenel fan bulunmaktadır: Tüplü eksenel fan, pervaneli eksenel fan. Pervaneli fan, çok az bir statik basınç altında havanın yüksek hacimleri için verimli olarak kullanılabilen iyi dizayn edilmiş bir fanıdır. Tüplü fan silindir içerisine yerleştirilmiş pervaneli fanlardan oluşmuştur.

Eksenel fanların dezavantajları, santrifüj fanlara oranla daha yüksek gürültü seviyesine ve daha düşük verime sahip olmalarıdır.

4.8.4 Fan seçimi

Bütün fan sistemlerinde fan seçimi için iki temel parametre gereklidir. Bunlar; hava debisi ve sistemde hava akımını sağlayan basınç gradyenti.

Debi, sistem girişindeki barometrik basınç ve sıcaklık için sistemi dizayn edenler tarafından verilir.

Fan performansı, fan girişinde hava yoğunluğunun bir fonksiyonudur. Bu yoğunluk, akımın hacimsel kapasitesini belirlemekle beraber aynı zamanda fanın basıncını da geliştirir. Yoğunluğu etkileyen faktörler şunlardır: barometrik basınç, sıcaklık ve nispi nem. Eğer bu faktörler tanımlanmazsa, genellikle standart şartlardaki hava göz önüne alınır (20°C ve 76 cm Hg sütunu).

Fanların seçilmesinde bazı olasılıklar pratik mühendislik uygulamaları ve ekonomik durumlar ile sınırlandırılır:

1. Fan ve çalışan aksamı için gerekli alan
2. Fanın ilk maliyeti ve bakım maliyeti
3. Fanın tipi ve fandan kaynaklanan gürültü
4. Fan performansında titreşim azaltıcı sistemlerin etkisi
5. Fanın sürücü mekanizması ve güvenilirliği. Özellikle büyük fanlarda doğrudan hareket V kayışına göre daha çok tavsiye edilmektedir.
6. Fanın ilk maliyetine göre beklenen ömrü

Pik verim, fan performansı eğrilerinden veya oran tablolarından bulunabilir. Eğer dizayn gereksinimleri tablodaki CFM ve SP değerleri ile birbirlerini tutmuyorsa bu değerlerin lineer

enterpolasyonları doğru sonucu verecektir.

Ekonomiklik genellikle seçimde tanımlayıcı etmen olarak kullanılmaktadır. Seçilen fanın ilk maliyeti belirlenmelidir. Bu maliyete kuruluş maliyeti de denilmektedir.

Fan gürültüsü ve titreşimi önemli sorunlardandır ve fan ölçüleri, tipi, dönme hızı ve verimi bu parametreleri etkilemektedir.

4.9 Filtrasyon ve İç Ortam Hava Kalitesinin İyileştirilmesi

Filtrasyon ve hava temizleme odaları, partikülleri uzaklaştırmada etkili olabilmektedir. Binaların içlerinin temizlenmesi havadaki partikül seviyelerinin azaltılması için çok etkili bir yoldur. Ancak bazı materyaller temiz gibi görünmelerine rağmen üzerlerinde yüksek miktarda kir bulundurulur.

Filtreler, merkezi ısıtma ve havalandırma sistemlerinde, oda hava temizleyicilerinde ve bazı tip vakumlu temizleyicilerde bulunmaktadır. Bazen oda hava temizleyicilerindeki makinelerde bir tipten fazla filtre ortamı birlikte bulunmaktadır.

Tipik fırın filtrelerinde 2.5-5 cm kalınlığında veya daha kısa düz panel filtreler bulunmaktadır. Bu filtreler çok etkisizdir. Bunlar sadece çok büyük herhangi bir olumsuz sağlık etkisi olmayan partikülleri uzaklaştırırlar. Bunlar kişileri değil ekipmanları korumaktadırlar. Havadan alergenleri ve tozları uzaklaştırmada elektrostatik filtreler oldukça etkilidirler. Bunlar temizken sıradan düz panel filtrelerden daha iyi temizlerler. Ancak kirlendiklerinde verimleri düşer, hatta düz panel filtrelerden daha az etkili olurlar. Bunların yıkanabilir olmaları esas avantaj teşkil etmektedir. Böylece yenisini almaya gerek kalmamaktadır.

Kıvrımlı filtreler çok daha etkilidirler. Bunlar orta verimlilikte filtrelerdir ve daha küçük ve daha zararlı partikülleri tutmak için kullanılmaktadır. Kalınlıkları 15-30 cm kalınlığındadır.

Elektrostatik hava temizleyiciler güçlendirilmiş filtrelerdir. Zıt yüklü plakalara elektriksel yükü yüklenmiş partiküllerin çekilerek tutulması ile havayı temizlerler. Güçlerini binalardaki güç kaynaklarından alırlar. Temizken çok etkilidirler, ama kirlenmeye başladıklarında verim gitgide düşer (Liu ve Huza, 1995).

Sıradan vakumlu temizleyiciler halıdan kiri toplarlar, büyük, zararsız partikülleri tutarlar ve zararlı alerji yapan maddeleri, tahriş eden ve toksik partikülleri havaya bırakırlar.

Dökümhanelerdeki iç ortam hava kalitesini artırmada çeşitli yöntemler uygulanmakta ve

uygulanabilmektedir. Bu yöntemlerden, filtrasyon ve havalandırma sistemleri olarak bahsedilebilir. İç ortam hava kalitesinde havalandırmanın önemine yukarıda değinilmişti. Havalandırmada dış ortam hava kalitesinin ne derece önemli olduğu ise bilinmektedir. Bu yüzden dökümhane etrafındaki havanın temiz olması gerekmektedir. Buradaki havanın dökümhaneden çıkan toz partiküllü havadan etkilenmemesi için toz tutma sistemleri ile temizlenmesi gerekmektedir. Bu yüzden de bunların da dizayn kriterlerine gerekli önem verilmelidir. Yani bu tutma mekanizmaları iç ortam havasını doğrudan etkilemese de dolaylı yoldan etkilemektedir.

Hangi filtrasyon sistemi kullanılırsa kullanılsın, sistem, kısa ve/veya uzun dönemde sağlığı etkileyen iç ortam kirleticilerini uzaklaştırabilecek yetenekte olmalıdır. Bu filtre sistemleri, özellikle bioaerosoller, respirable partiküller, gaz ve buhar haldeki kirleticileri iyi bir şekilde giderebilmelidir. Bu nedenle, iç ortam havası filtrasyon sistemleri, yukarıda sıralanan kirleticileri tutacak kısımlara sahip olmalıdır.

Bioaerosol filtreler, çoğu bioaerosolleri uzaklaştırmaya muktedir olmalıdır. Çoğu bioaerosoller (virüsler ve bazı bakteriler hariç) 1 μm 'den daha büyük partikül ölçülerinde bulunmaktadır.

Yüksek verimli filtrelerin kullanımının iki faydası vardır:

1. Bioaerosollerin iç ortam konsantrasyonlarını belirgin bir şekilde azaltırlar.
2. Respirable partikül filtrelerinde bioaerosollerin yüklenmesini minimize ederler.

Filtre malzemelerinin üzerinde bioaerosollerin çoğalmasını önlemek için; ortamdaki hız, uniformluluk ve antimikrobiyolojik arıtma bioaerosol filtrelerin seçiminde hesaba katılmalıdır.

Respirable partikül filtreleri iki amaca hizmet etmelidir. Bunlar:

1. Özellikle 8.5 μm ' nin altında bulunan respirable partikülleri uzaklaştırmak
2. Partikül kirliliğinden gaz/buhar adsorblayıcıları korumak

Respirable partikül filtresi, bioaerosol filtrelerin aşağı akımına, gaz/buhar adsorblayıcıların ve klima ekipmanlarının yukarı akımına yerleştirilmelidir (Liu ve Huza, 1995).

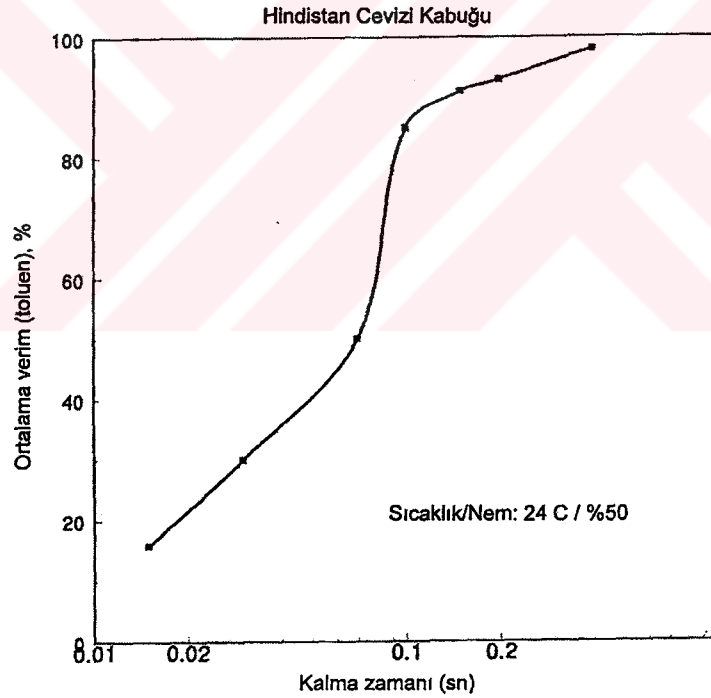
Gaz/buhar adsorblayıcıları; VOC, ozon, azotdioksit ve kükürtdioksit gibi oldukça yaygın olan kirleticilerin milyarda bir (ppb) seviyelerini uzaklaştırmaya muktedir olmalıdırlar. Tercih

edilen adsorbant, taze hindistan cevizi kabuğudur.

Hindistan cevizi kabuğunun çok iyi olan mikropor yapısı nedeniyle, karbonun bu tipi VOC'un düşük konsantrasyonlarını uzaklaştırmak için çok kullanışlıdır. Buna ek olarak hindistan cevizi aktif karbonu ozon, azotdioksit ve kükürtdioksit'in karşılaşılan seviyelerini uzaklaştırmak için oldukça verimlidir. VOC (TVOC) için adsorblayıcının seçimi, toluen giderme verimi esasında belirtilerek yapılır.

Gaz/buhar adsorblayıcıyı, partikül kirliliklerinden korumak için respirable partikül filtresinin alt kısmında, nemin zıt etkisinden korumak için klimaların üst akımında bulundurmak gerekmektedir. Gaz/buhar adsorblayıcı veriminin tayini için bekleme süresi çok kullanışlı bir parametredir.

Şekil 4.16, TVOC için bekleme süresinin adsorblama verimine etkisini göstermektedir. Adsorblayıcının verimi, normal olarak, hizmet süresi ile azalmaktadır. Adsorblayıcının verimi, adsorbantın partikül ölçülerine ve adsorbantın tipine bağlıdır.



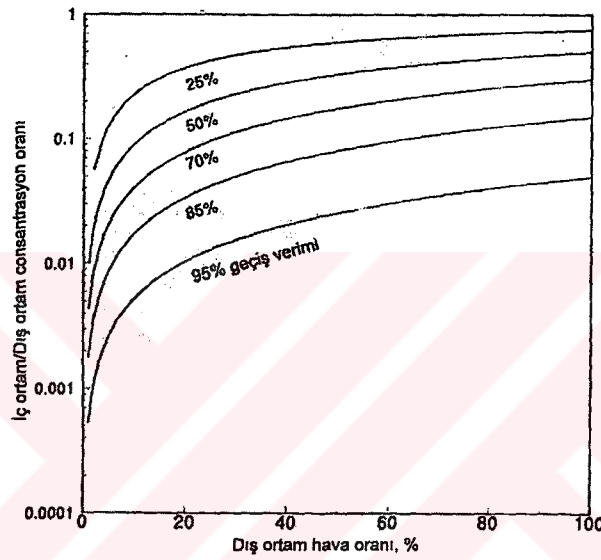
Şekil 4.16. Adsorblama verimine bekleme süresinin etkisi (Liu ve Huza, 1995)

4.9.1 Dış ortam havasının temizlenmesi

Havalandırma amaçları için kullanılan dış ortam havasının bilinen zararlı kirleticilerden ve kokulardan uzak olması gerekmektedir.

Pratikte, genellikle, eğer ortamda koku şikayeti yoksa, dış ortam hava kalitesi, havalandırma için kabul edilebilir kalitede olarak kabul edilmektedir. Genelde, bu durum, binalarda %5-20 arasında dış ortam havasını kullanıldığı uygulamalarda söz konusudur. Dış ortam oranı artırıldıkça iç ortam konsantrasyon dış ortam konsantrasyonuna yaklaşır.

Şekil 4.17’de dış ortam havasının temizlenmesi için filtre seçim tablosu verilmiştir. Buradan iki temel parametre ile istenilen tutucunun verimi bulunabilir. Bunlar kullanılan dış ortam havasının yüzdesi ve istenilen iç ortam/dış ortam konsantrasyon oranıdır.



Şekil 4.17 Dış ortam havasının temizlenmesi için filtre seçim (Liu ve Huza, 1995)

4.9.2 Hava filtrasyonu çalışmalarındaki gelişim

Dış ortam hava kirliliğinin insan hastalıklarına neden olduğu bilinmektedir. Bu yüzden, halk sağlığının korunması için birçok kanunlar ve yönetmelikler çıkarılmış ve şehirlerin atmosferindeki havayı temizlemek için düzenlemeler yapılmaya çalışılmıştır. Buna rağmen, dış ortam hava kalitesinde istenen iyileşmeye erişilemediği için, havalandırma şeklinde yapılan iç ortam hava kalitesi çalışmaları başarısızlıkla sonuçlanmıştır. Fakat, iç ortam havası her zaman için dış ortamından daha tehlikeli olmuştur.

Birçok bilimsel araştırmalar sonucunda, iç ortam havasının oldukça geniş çeşitlilikte toksik kirleticiler tarafından kirletildiğini görülmüştür. Ortamdaki faaliyetler sonucu oluşan toksik kirleticilerin varlıklarına ilaveten, ofisler ve diğer yapılarda, yapılarla ilgili hastalıkların

bulunduğu ile ilgili birçok raporlar son 20 yıl boyunca verilmiştir. Kaynağı ne olursa olsun, iç ortam hava kirliliğinin çeşitli hastalıklara neden olduğu konusunda hiçbir şüphe yoktur.

İç ortam hava kalitesinin düzeltilmesi konusunda çözüm olarak hava filtrasyon sisteminin kullanılması uzun yıllardır kabul edilmiş ve giderek gelişerek kullanılmaktadır.

Günümüz pratiğinde, iç ortam hava kirleticilerini temizlemede dikkate alınan kirleticiler; tozlar, toksik gazlar, korozyif gazlar, tahriş edici gazlar ve kokulu gazlar olarak sınıflandırılmış ve bunlara göre temizleyiciler de sınıflandırılmıştır.

4.9.3 İç ortam kalite kontrol stratejileri

Kirleticilerin kontrolü için kullanılan üç kontrol stratejisi mevcuttur: kaynağın kontrolü, havalandırmanın kontrolü ve gidermenin kontrolüdür. Kaynağın kontrolü, her zaman ilk önce üzerinde çalışılması gereken strateji olmalıdır. Kirleticilerin kaynaklarını elimine etmek, diğer ortamlara kirliliğin yayılmasını da önlemiş olacaktır.

Buna rağmen, iç ortam kirletici kaynakları her zaman kontrol altında tutulamayabilir. Hatta, çoğu kere binaların kendileri kirleticilerin kaynağını oluşturabilirler.

Kaynak kontrolü mümkün olmadığı veya pratik olmadığı zaman, ortam havalandırma ve eğer bu yetmezse kirletici giderme seçenekleri sıralı olarak düşünülmelidir. (Muller ve England, 1995)

4.9.4 Kirletici gaz içeren havanın temizlenmesi

Kuru arıtıcı (dryscrubbing) hava temizleme araçları birçok konfigürasyonu desteklemektedir. Bu aletler nasıl kurulu larsa kurulsunlar, havadaki gaz kirleticileri uzaklaştırmak için iki temel proses kullanırlar. Birincisi adsorpsiyon olarak bilinen fiziksel prosestir. Diğeri ise kemisorpsiyon olarak adlandırılan adsorpsiyon ve geri dönüşümsüz kimyasal reaksiyonları içeren prosestir (Muller ve England, 1995).

4.9.4.1 Adsorpsiyon

Adsorpsiyon, bir maddenin çeşitli mekanizmalarla bir katı yüzey üzerinde tutulmasıdır. Yani, adsorbsiyon bir yüzey hadisesidir. Adsorbantın uzaklaştırma kapasitesi toplam yüzey alanı ve onun poroz yapısıyla doğrudan ilgilidir.

Granül aktif karbonlar (GAC) bu gereksinimleri gidermek için en yaygın olarak kullanılan materyaldir.

Buna rağmen, birçok diğer faktör, fiziksel adsorpsiyon ile gaz kirleticilerin uzaklaştırılmalarını etkilerler. Bunlar arasında adsorbantın tipi, adsorbant yatak derinliği, gaz hızı, kirletici maddelerin özellikleri ve konsantrasyonları, gaz akımının nispi nemi ve sıcaklığı bulunmaktadır (Muller ve England, 1995).

4.9.4.2 Kemisorpsiyon

Adsorbant maddeler, bütün kirletici gazları eşit olarak tutamazlar. Daha az tutulabilen gazlar için tutma verimini artırmanın bir yolu, bunlarla reaksiyona girerek tutulma verimlerini artıran çeşitli kimyasalları adsorbant ortamda kullanmaktır. Bu kimyasallar, gazlarla tersinir olmayan reaksiyonlar verirler. Fiziksel adsorpsiyona zıt olarak kimyasal adsorpsiyon, adsorbantın yüzeyinde oluşan kimyasal reaksiyonun bir sonucudur.

4.9.5 Partikül tutulması ve tutulma mekanizmaları

Bir gaz ortamında askıdaki partiküllerin tutulabilmesi için gaz/partikül karışımından partikülleri gaz akımından ayıracak bir kuvvet veya kuvvetlerin bulunduğu bir tutma alanından/ortamından geçmesi gerekmektedir. Siklonlarda partikülleri bu alanda akım yönünden saptırmak için belirli bir bekleme süresi ortamda kalmaları gerekmektedir. Diğer taraftan torbalı filtrelerde, gaz akımı yönünde hareket eden partiküller herhangi bir kuvvet tarafından cezbedilmeden doğrudan mevcut tutma yüzeyine çarparak tutulurlar.

Partiküllerin tutulmasına etki eden kuvvetler aşağıda verilmiştir:

- Yerçekimi kuvveti
- Santrifüj kuvveti
- Atalet
- Doğrudan çarpma
- Difüzyon
- Elektrostatik

Bugün çok çeşitli tipleri bilinen ve kullanılan toz partikülü gidericiler 4 grupta sınıflandırılmaktadır. Bunlar:

- Kütle etkili toz partikül gidericiler
- Filtre eden toz partikül gidericiler
- Elektriksel toz partikül gidericiler
- Islak çalışan toz partikül gidericiler

Kütle etkili toz gidericilerdeki toz giderme; atalet, ağırlık, santrifüj kuvvetleri gibi kütleli kuvvetlerin etkisiyle olmaktadır.

Filtre toz gidericilerde, çeşitli filtre malzemeleri kullanılarak tozlarla gazların ayrılması sağlanır.

Elektrostatik toz gidericilerde, elektrik alanının etkisiyle gaz içinde dağılmış olan toz partikülleri toplanır.

Islak çalışan toz gidericilerde, gaz ile toz partikülleri su vasıtası ile birbirlerinden ayrılırlar. (Üzülmez, 1993)

Yukarıda belirtilen mekanizmaları kullanan partikül tutma tertibatları, Çizelge 4.2’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.2 Çeşitli partikül kontrol tertibatlarında tutma yüzeyleri (Ertürk, 1994)

Kontrol Tertibatı	Toplama Mekanizması	Toplama Yüzeyi Şekli
Çökeltme odası	Yerçekimi	Düzlem, yüzeysel
Siklon	Santrifüj	Düzlem, yüzeysel
Elektrostatik filtre	Elektrostatik	Düzlem, yüzeysel
Dolgulu filtre	Atalet Difüzyon Doğrudan çarpma Elektrostatik	Silindir, elyaf veya granül
Fabrik Filtre	Doğrudan çarpma, yerçekimi	Filtre yüzeyi, partikül tabakası

5 DÖKÜMHANELER VE ÇEVRE KİRLİLENMESİ PROBLEMLERİ

5.1 Genel

Dökümcülük sektörü çok eski tarihlerden günümüze kadar gelmiş bir sektördür. Çok eskilerde bu sektör gelişmişliğin bir sembolü olarak görülmekteydi. Döküm olayı eski zamanlarda şimdikine göre daha az alanda kullanılmaktaydı. Yani günümüzdeki gibi sanayinin bir çok kolunda görülen bir sektör değildi.

Gelişen teknoloji beraberinde birtakım olumsuz çevre etkenlerini de beraberinde getirmektedir. Artan üretim kapasitesi, kullanılan yardımcı ürünlerdeki çeşitlilik artışı, döküm teknolojisini geliştirmekle beraber büyük bir sorun olan hava kirliliğini de yaygınlaştırmıştır. Gelişmiş ülkelerde işçi sağlığı için gerekli önem verilmektedir. Düşen iç ortam hava kalitesi dökümhanelerde çalışan işçilerin sağlığını bozduğundan bu durum, sektör için çeşitli önlemler almaya işverenleri zorlamaktadır. Döküm sanayi, ağır işçilik gerektirmesi, çalışanlar için sağlık problemleri doğurması, çevre kirliliğine neden olması, kar marjının düşüklüğü vb. nedenlerden dolayı gelişmiş ülkelerden üçüncü dünya ülkelerine kaydırılmış durumdadır.

Ülkemizde döküm işleri ise tam veya kısmen makineleşmiş dökümhanelerde yapıldığı gibi, bazı işyerlerinde hiç makine kullanılmadan ilkel yöntemlerle yapılmaktadır. Makineleşmenin daha fazla olduğu yerde üretim daha seri ve ortam sağlık açısından daha iyi durumda olmaktadır.

Ülkemizde işçi sağlığına gerekli önem verilmediği gibi, işçiler de iş bulamama kaygısıyla kendi sağlıklarına gerekli önemi vermemektedirler. Bu çalışma esnasında, genelde dökümhanelerde işçilerin kendileri için gerekli sağlık önlemleri almadıkları görülmüştür.

5.2 Türkiye’de Döküm Endüstrisi

Türk döküm endüstrisinin, günümüzde Avrupa ve diğer ülkelerdeki döküm malzemesi kullanıcılarına döküm malzemesi tedarik etmede önemli bir payı vardır. Bu paydaki artış ise günden güne artmaktadır. Tüdoksad (1999) verilerine göre; Avrupa’nın döküm malzemesi üretme miktarında 1970-1995 yılları arasında sadece %7.8’lik bir artış görülmüştür. Buna karşılık aynı dönemde, Türkiye üretimdeki artış %250 şeklinde olmuştur. Ülkemiz 1970 yılı kapasitesi 217,000 tonken, 1997 yılında 900,000 tona ulaşmıştır. Türkiye’deki üretim dünyadaki toplam üretimin %1.1’ini, tüm Avrupa’nın ise %3.5’ini teşkil etmektedir.

Yapılan çalışmalar sonucu yıllara göre Türkiye'deki üretim miktarı Çizelge 5.1'de verilmiştir. Bu çizelgeye göre, 70'li yılların ilk yarısında üretimde çok hızlı bir artış olmuş (%115), yaşanan enerji krizi ile 80'li yıllarda üretimdeki bu artış azalmış, ancak bu yaşanan enerji krizine, kullanılan ham madde ihracatındaki eksiklik ve diğer olumsuz etkilere rağmen 1980-90 yılları arasında üretimde %57'lik bir artış olmuştur. 1990 yılından itibaren yabancı piyasalardaki tanınma ve döküm sektöründeki gelişmeler ile üretim hızla artmıştır.

Çizelge 5.1 Yıllara göre Türkiye'deki dökümhanelerin toplam üretim miktarları (ton) (TÜDÖKSAD, 1999)

Yıllar	Grey	Düktıl	Malleable	Çelik	Toplam
1960	150000		1000	10000	161000
1970	200000		2000	15000	217000
1980	291000	6000	4000	46000	347000
1985	385000	18000	9000	58000	470000
1990	415000	60200	10500	58000	543000
1991	400000	55000	10500	53000	518500
1992	568000	58000	11000	59000	696000
1993	620000	69500	11600	56000	757100
1994	550000	75000	11200	61000	697200
1995	606000	79700	12960	65690	764350
1996	658000	90600	15200	70600	834700
1997	706000	86500	14000	94000	900500

Türkiye'deki döküm üretimi için gerekli olan malzemenin büyük bir kısmı ülke dışından sağlanmaktadır. Diğer taraftan Çizelge 5.2, ihracat oranındaki artış hakkında bilgi vermektedir. 1990-1995 yılları arasında Türk döküm sanayiindeki ihracat artışı %300'e ulaşmıştır.

Çizelge 5.2 Dökümhanelerde üretilen materyallerin yıllara göre ihraç miktarları (ton)
(TÜDÖKSAD, 1999).

Yıllar	Gri döküm demiri Ton	Düktıl döküm demiri Ton	Malleable döküm demiri Ton	Çelik demir Ton	Toplam Ton	Toplam işlenmemiş madde 1000\$	Toplam ihtaç 1000\$
1979	3845	---	---	680	4525	3245	18000
1980	3770	---	---	880	4650	4045	29000
1981	5100	---	---	1300	6400	5870	30000
1982	7800	200	633	1336	9663	8068	38000
1983	7540	322	335	1270	9467	7544	42000
1984	9700	229	410	1524	11863	8542	54000
1985	8400	232	540	1935	11107	9503	89000
1986	10689	509	605	2972	14775	14376	82000
1987	18234	705	657	2198	21794	20718	104000
1988	17189	700	600	2300	18600	21600	116000
1989	15178	2200	711	2500	22600	23800	137000
1990	14420	2500	722	2800	21200	22100	155000
1991	14420	2400	780	3900	21500	23800	152000
1992	28176	3700	848	4100	30800	32200	195000
1993	28176	6072	1097	3813	39306	48847	190000
1994	56306	10987	1206	7701	76203	97000	282000
1995	61900	14870	1302	8006	86078	120500	398000
1996	83300	29300	1480	13800	128400	209300	426000
1997	92500	32000	2650	18600	145750	222000	440000

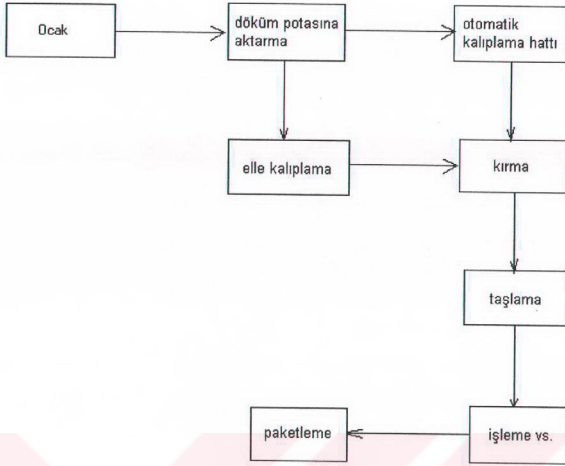
1977’lerde toplam gri demir çıkışının %60’ı küçük kapasiteli döküm atelyelerinde üretilirdi. 1995’lerde bu %16’ya düşmüş, üretimi büyük dökümhaneler devralmıştır (Çizelge 5.3). 1995 yılında küçük dökümhanelerin sayısı 1500 civarında iken 1996 yılında bu sayı 1200’e düşmüştür (TÜDÖKSAD, 1999).

Çizelge 5.3 1977-95 yıllarında Türk demir ve çelik döküm sektöründeki üretim miktarları

		1977			1995		
		Büyük tesis	Küçük tesis	Toplam	Büyük tesis	Küçük tesis	Toplam
Gri döküm demiri	Ton	141500	230000	371500	509000	97000	606000
	%	38	62	100	84	16	100
Malleable döküm demiri	Ton	2500	---	2500	12700	260	12960
	%	100		100	98	2	100
Düktül döküm demiri	Ton	2500	---	2500	78400	1300	79700
	%	100		100	98	2	100
Çelik döküm	Ton	65000	---	65000	65480	210	65690
	%	100		100	100	-----	100
Toplam iş verme	Kişi	8146	---	19996	21980	7805	29785

5.3 Döküm Sanayisi İşletme Prosesi

Pik demir dökümhanelerindeki işletme akım şeması basit bir şekilde Şekil 5.1’de verilmiştir.



Şekil 5.1 Pik demir döküm işletme akım şeması

Yaklaşık 1500°C'de demir külçeleri ocaklarda ergitilir. Daha sonra küreselleştirme işlemi için bu ergimiş haldeki demirin üzerine ferro silis magnezyum ilave edilir. Şekil 5.2'de endüksiyon ocağında pik demir ergime işlemi görülmektedir.



Şekil 5.2 Bir endüksiyon ocağında yapılan pik demir ergime işlemi

Metallerin kendilerine ait ergime sıcaklıkları vardır. Ergime sıcaklıklarına kadar ısıtılan metallere daha sonra, döküm prosesi uygulanır.

Otomatik kalıplama kısmında kalıp hazırlama işlemi makineler tarafından yapılmaktadır. Burada yapılmak istenen materyalin kalıbı makineye yerleştirilir. Silolardan gelen kum makine tarafından preslenir. Kullanılan kuma, bağlayıcı özellik gösteren bentonit ve boşluk azaltıcı olarak kömür tozu ilave edilmektedir. Daha sonra döküm potasından ergimiş haldeki malzeme kalıplara aktarılır. Şekil 5.3'te otomatik kalıplama makinesi görülmektedir.

Elle kalıplama işleminde kalıp hazırlama işlemini makineler değil, işçiler yapmaktadır. Kalıba dökme işlemi otomatik kalıplamanın aynısıdır.



Şekil 5.3 Otomatik kalıplama makinesi

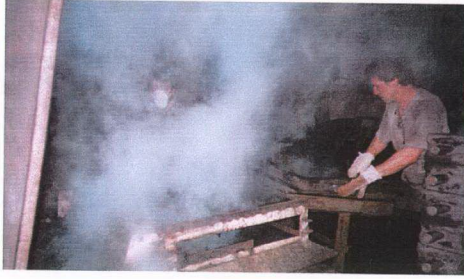
Ergiyen metal istenilen şekillerde daha önce hazırlanmış olan kalıplara dökülür. Şekil 5.4'de ergimiş metalin kalıplara dökme işlemi görülmektedir.



Şekil 5.4 Ergimiş metalin kalıplara dökme işlemi

Kırma işleminde kalıplardan çıkarılan döküm malzemeleri bir bütün halinde olduklarından, maket parçaları gibi, bunlar birbirlerinden birleşme noktalarından kırılarak ayırt edilirler.

Geriye kalan kullanılmayan kısımlar tekrar indüksiyon fırınına gönderilirler. Şekil 5.5'te dökümü yapılan metalin kumlardan ayırt edilmesi ve kırılması işlemi görülmektedir.



Şekil 5.5 Dökümü yapılan metalin kumlardan ayırt edilmesi ve kırılması işlemi

Taşılama kısmında birbirinden kırılarak ayırt edilen döküm malzemelerinin üzerindeki çentikleri almak için taşılama makinesi kullanılır.

İşleme kısmında taşılama kısmından gelen döküm malzemeleri çeşitli makinelerle (torna, diş açma, şerit testere makinesi vs.) kullanılacağı alana göre işleme tabi tutulur.

Yukarıdaki anlatılan şekli ile işletme prosesi pik demir ergitmede kullanılan temel bir prosestir. Üretilen dökümün kullanılacağı yere göre bir takım spesifik farklılıklar görülmektedir. Bu farklılıkların çoğu kuma veya döküm malzemesine ilave edilen maddelerden kaynaklanmaktadır.

Döküm sektöründe pik demir dökümü haricinde diğer tipte malzemelerin de dökümü söz konusudur. Bu tez çalışmasında, pik demir döküm haricinde kalan alüminyum, çinko, bronz vb. dökümhaneleri de ele alınmıştır. Çalışma sırasında ramat işi yapan küçük dökümcüler de araştırılmıştır.

5.4 Dökümhanelerde İç Ortam Hava Kalitesi Problemleri

Dökümhanelerde, proses itibarıyla sistemden, gaz ve toz partikülleri olmak üzere hava kalitesini azaltan kirleticiler oluşmaktadır. Özellikle toz partikülleri iç ortamı iyi havalandırılmayan tesislerde çalışan insanlar için bir önemli sorun teşkil etmektedir. Havalandırma ve filtrasyon sistemleri yetersiz olan tesislerde çoğunlukla işçilerin takmış oldukları basit toz maskeleri yetersiz kalmaktadır. Yapılan ölçümler sırasında toz partiküllerin

maske takılması halinde bile kişileri etkiledikleri, hatta bu kirleticilerin burun kanallarında biriktiği de görülmüştür.

Yapılan araştırmalar sırasında, tesislerdeki havalandırma sistemlerinin çoğunun yetersiz veya eksik olduğu görülmüştür. Tesislerde kirletici kaynağının hemen civarından hava çekme (lokal hava çekme sistemi) ile ortamın hava kalitesinin korunması gerekirken yapılmadığı belirlenmiştir. İç ortam hava kalitesi uygun olmayan tesislerde bu kontrol sisteminin bulunmadığı burada belirtilebilir.

Toz partiküllerinin, kısa bir süre içinde (akut) çok kötü bir etkisi bulunmamaktadır. Ancak uzun bir zaman periyodunda (kronik) bazı sorunlar meydana getirmektedir. Bunun yanında hava kalitesinin düşüklüğü çalışanları psikolojik olarak da etkilemektedir. Hava kalitesinin düşük olduğu bölümlerde çalışanların çalışma verimleri azalmaktadır. Bu da üretim kaybı demektir.

5.5 Döküm Sektöründe Partikül Emisyon Kaynakları

Demir ve diğer maddelerden yapılan döküm işlerinde partikül ve gazlar oluşturabilen muhtemel işler:

1. Ergitme işlemi
2. Dökülmüş malzemenin kumdan ayrılması için sarsıldığı ve kumun hazırlandığı işlemler
3. Kalıba erimiş metalin dökülmesi işlemi

şeklindedir.

Yukardaki kirletici kaynaklara ilave olarak ramat işi yapılan küçük dökümhanelerdeki eleme işlemleri de verilebilir. Tüm ramat işlerinden partikül oluşmayabilmektedir. Örneğin bronz (sarı malzeme) ramatı ıslak ortamda yapıldığından partikül oluşmamakta ancak bu durumda atıksu oluşumu söz konusu olmaktadır. Alüminyumun kuru olarak ramatı yapılabildiği için çalışma ile ortama oldukça önemli bir miktarda toz yükü dahil edilmektedir.

Aşağıda pik demir dökümü proses elemanlarından hava kirletici oluşumları sırasıyla incelenmiştir.

5.5.1 Kupol ocakları

Kupol ocaklarından metal oksitleri, kok külü ve hurda içindeki uçucu maddeleri içeren partiküller kaynaklanabilmektedir. Kupol ocaklarında işlenen demirin tonu başına 5-22 kg partikül emisyonu söz konusu olabilmektedir (Stern, 1977). Emisyon miktarı ocak alanı başına verilen hava oranı, kok/hurda oranı, ergitme hızı ve hurda kalitesi gibi etkenlere bağlı olarak değişmektedir. Kupol ocaklardan kaynaklanan partiküllerin kimyasal bileşimi Çizelge 5.4'de ve partikül ebatlarının dağılımı Çizelge 5.5'de verilmiştir.

Çizelge 5.4 Kupollerden kaynaklanan partiküllerin kimyasal bileşimi (Stern, 1977)

Bileşik	Ağırlık yüzdesi
Fe ₂ O ₃ , FeO ve Fe	5-26
SiO ₂	10-45
Al ₂ O ₃	1-25
CaO	2-18
MgO	1-5
MnO	1-9
Organikler	10-64

Kupol ocaklarından yanma ürünleri olarak CO ve SO₂ gazları da çıkmaktadır. CO gazı bir ilave yakma sistemi ile giderilebilmektedir. SO₂ gazı ise kok ve hurda kaynaklı olup, 25-250 ppm arasında değişmektedir (Stern, 1977).

Kupol gazlarındaki partikülleri gidermek için kumaş torbalı filtreler en yaygın olarak kullanılanlardır. Ancak bunlar ile CO giderilemediğinden gazlar bir yakma işleminden geçirilmekte ve kumaş filtrenin etkilenmemesi için gazlar soğutmaya tabi tutulmaktadır. Islak arıtıcılar ile partiküllerin alınması gayet iyi bir şekilde sağlanmakta ve gazın soğutulmasına da gerek kalmamakta ise de oluşan atıksuyun arıtılması için ayrıca gayretlerin gerekmesi nedeniyle arıtma maliyeti yükselmektedir.

Çizelge 5.5 Kupol emisyonlarının partikül boyut dağılımı (Stern, 1977)

μm 'den küçük	Ağırlık %	
	Yüksek ısıli yakma kupolü	Düşük ısıli yakma kupolü
200	80-100	60-90
100	45-100	30-80
50	25-100	15-60
20	10-95	5-55
10	10-90	5-50
5	10-80	5-45
1	10-70	5-40

5.5.2 Kum işleme

Döküm tesisinin önemli bir kısmında söz konusu olan kumun kullanıldığı tüm alanların mutlaka hava çekme davlumbazları ile donatılması gerekmektedir. Buradan çekilen tozlu gazlar ıslak arıtıcı ve torbalı filtrelerde oldukça iyi bir biçimde arıtılabilmektedir. Ancak torbalı filtrelerin kullanılması ile elde edilen tozların geri kazanılması söz konusudur.

5.5.3 Döküm sahası

Burada döküm esnasında ısıli etki sonucu olarak bazı yanma gazları ve kokular oluşmaktadır. Bunlar ise ısıli ve katalitik oksidasyon yöntemlerine müracaat edilerek giderilebilmektedir (Stern, 1977).

5.6 Dökümhanelerde Kullanılabilen Partikül Tutma Sistemleri

Bilindiği üzere dökümhanelerde hava kirliliğine neden olan katı madde tanecikleri, oksidasyon ve yanmadan meydana gelen dumanlardan ve/veya katı maddelerin kırma, taşlama gibi mekanik kuvvetlerle ufalandırılması ile meydana gelen tozlardan oluşur (Ertürk, 1994).

5.6.1 Siklonlar

En yaygın kullanılan toz partikül tutma sistemleri siklonlardır. Bunlar, esas tutma kuvvetinin santrifüj kuvveti olan toz tutma cihazlarıdır. Siklonların çalışma prensipleri şöyledir:

Toz-gaz karışımı siklona dikdörtgen şeklindeki ağızlıktan teğetsel olarak girer. Siklona giren hava böylece helezonik bir şekilde aşağıya doğru hareket eder. Gaz akımı çıkış borusunun altında dönmeye başlayınca içeriye doğru bir gaz hareketi başlar. Gaz akımının helezonik hareketi alttaki konik kısımda da devam eder. Daha sonra gaz akımı içeriye ve yukarıya doğru yükselerek çıkış borusundan siklonu terk eder. Bu esnada bir kısmı siklonun silindirik kısmında bir kısmı da konik kısımda duvarlara çarpan toz partikülleri aşağıya doğru kayarak siklonu terk ederler.

5.6.2 Islak arıtıcılar

Islak arıtıcılar katı partikülün sıvı ile temas ettirilerek partiküllerin uzaklaştırılması esasına dayanmaktadır. Bu sistemde partiküller ile sıvı arasındaki temas sonucunda partiküller sıvı tarafından tutulmaktadır. Aynı zamanda bazı gaz halindeki kirleticiler de sıvı içerisinde çözünerek ortamdaki uzaklaştırılmaktadır. Genel olarak iki grupta incelenebilirler:

1. Sıvı damlacıkların tutma yüzeyini oluşturduğu arıtıcılar
2. Dolgulu veya plakalı kuleler. Bunda ıslak tutma yüzeyi olarak çeşitli malzemeler kullanılır.

Islak arıtıcıların ortak özellikleri olarak proses sırasında oluşan çamurun uzaklaştırılması, gaz ve sıvı fazların hareketini sağlamak için gerekli olan enerji ihtiyacıdır. Islak arıtıcılarda partiküllerin tutulmasını sağlayan mekanizmalar şunlardır:

1. Atalet
2. Doğrudan çarpma
3. Difüzyon
4. Yerçekimi

Spray tipi ıslak arıtıcılar yerçekimi etkisiyle hareket eden damlacıklar prensibine dayanan normal tip ıslak arıtıcılar ve venturi boğazlı ıslak arıtıcılar olmak üzere ikiye ayrılır. Normal tip ıslak arıtıcılar:

1. Yatay akışlı kule ıslak arıtıcılar
2. Yatay akışlı ıslak arıtıcılar
3. Paralel akışlı ıslak arıtıcılar

Bunların dışında siklon tipi ıslak arıtıcılar ve dolgulu kuleler de kullanılmaktadır.

5.6.3 Filtreler

Filtrasyon, gaz-partikül karışımının gözenekli bir ortamdan geçirilerek partiküllerin tutulması işlemidir. Çeşitli şekillerde filtrasyon malzemeleri bulunmaktadır:

1. Elyaf lar
2. Daneli malzeme (kum,seramik, çakıl)
3. Torba şeklinde kullanılan kumaşlar (torbalı filtreler)

Filtrasyonda etkili olan tutma mekanizmaları şunlardır:

1. Doğrudan çarpma
2. Atalet kuvveti ile çarpma
3. Difüzyon
4. Elektrostatik kuvvetler (Ertürk, 1994).

5.6.3.1 Torbalı filtreler

Filtrelerde en çok kullanılan torbalı filtrelerdir. Esas itibarı ile evlerde kullanılan elektrik süpürgelerinin büyük ve sabit modeli olarak düşünülebilir. Çalışma prensibine gelince; tozlu hava elektrikli bir fanla emilir, bu sırada gaz-partikül karışımı bez torbadan geçirilir. Partiküller torba üzerinde tutulurlar. Torbadan geçen hava ise nispeten tozlardan arındırılmış havadır.

Bu filtrelerin en büyük avantajları değişik irilikteki toz tutma yeteneği en yüksek olan filtrelerdir. Dezavantajlarına gelince; büyük yer kaplamaları nedeniyle yer kaybına neden olurlar. Torbaların yırtılmaya başlamaları durumunda toz kaçırlar. Ayrıca gaz akımı rutubetli ise partiküllerin gözenekleri tıkamaları nedeniyle filtrasyonu negatif yönde etkilerler.

5.6.3.2 Elektrostatik filtreler

Bu filtrelerde tozlu hava elektrik yüklü elektrodun önünden geçerken toz parçacıkları elektrikle yüklenirler, daha sonra bu partiküller topraklanmış plakalar üzerinde toplanırlar. Bu elektroda temas eden parçacık şarjını boşaltır ve elektroda yapışır.



6 DÖKÜMHANELERDE İÇ ORTAM HAVA KALİTESİ ARAŞTIRMASI

6.1 Materyal ve Metotlar

Dökümhanelerin en büyük problemlerinden biri olan iç ortamda partikül kirlenmesi sorununa gerekli çözümleri bulmak için önce ortamdaki partiküllerin konsantrasyonunun bilinmesi gerekmektedir. Partikül konsantrasyonunun ölçümü için vakum ile ortamdan hava çekilerek uygun filtre kağıtlarında toplanan partiküller laboratuvarında gravimetrik tayine tabi tutulmuştur.

İç ortam partikül ölçümleri, dökümhanelerin kalıplama bölümleri, eritme ocakları, taşlama kısmı, kum şartlandırma bölümü, eleme, kırma vb. gibi toz oluşan yerlerinde yapılmıştır. Çalışmalarda, toz kaynakları için inhalable ve respirable partiküller araştırılmıştır. Araştırma yapılan tesislerin toz oluşan bölgelerinde, işçilerin bulunduğu veya işi gereği bulunmak zorunda olduğu noktalarda kişi ağız seviyesinden hava çekişi yapılarak partikül miktarları belirlenmiştir.

Ölçümler için örneklemeler, SKC 224-PCXR8 marka personal Aircheck Sampler cihazı ile yapılmıştır.

Cihazın teknik özellikleri aşağıdaki gibidir:

Çalışma aralığı: 5/5000 ml/dak

Ağırlık: 964 gr

Boyutları: 4.9*11.9*13 cm (758 cm³)

Compensation oranı: 750-2500 ml/dk –90 cm su sütunu, 2500-4000 ml/dak –50 cm su sütunu

Çalışma süresi: 4000 ml/dak ve 50 cm su sütunu basıncında 8 saat

Pil: Şarj edilebilir Ni,Cd 2.0 Ah, 6.0 V

Çalışma sıcaklığı: -20°C – 45°C

Depolama sıcaklığı: -40°C – 45°C

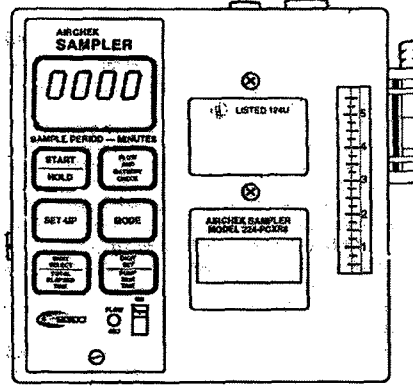
Şarj sıcaklığı: 5°C – 45°C

Çalışma nem aralığı: 0 – 95 (%)

Görüntü: LCD

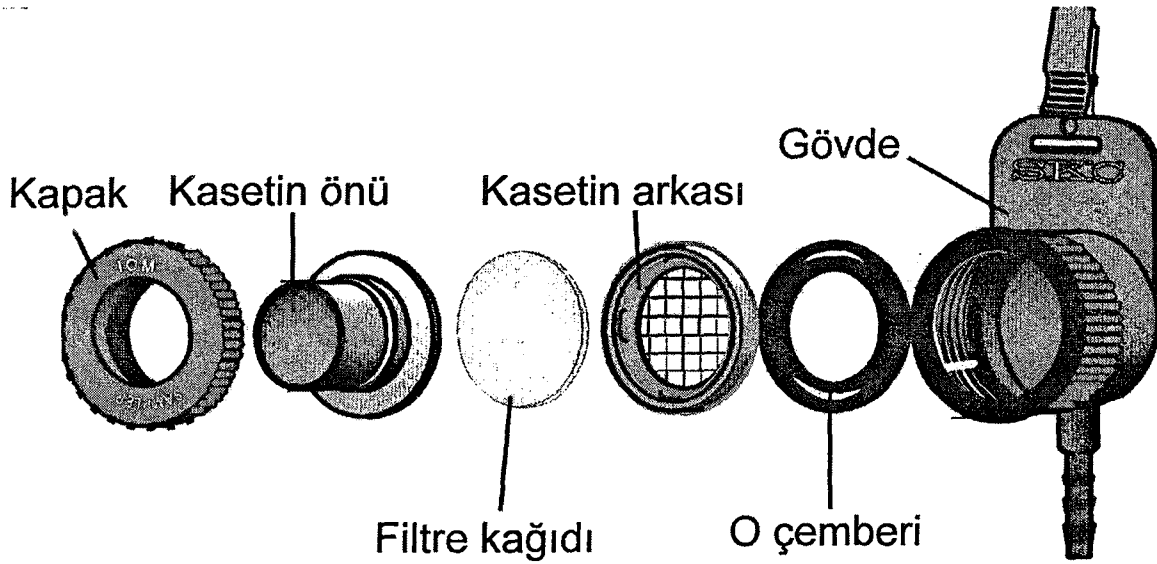
Zaman doğruluğu: % ± 0.05 (günde ± 45 saniye)

Kullanılan cihazın şematik gösterimi Şekil 6.1’de verilmiştir.

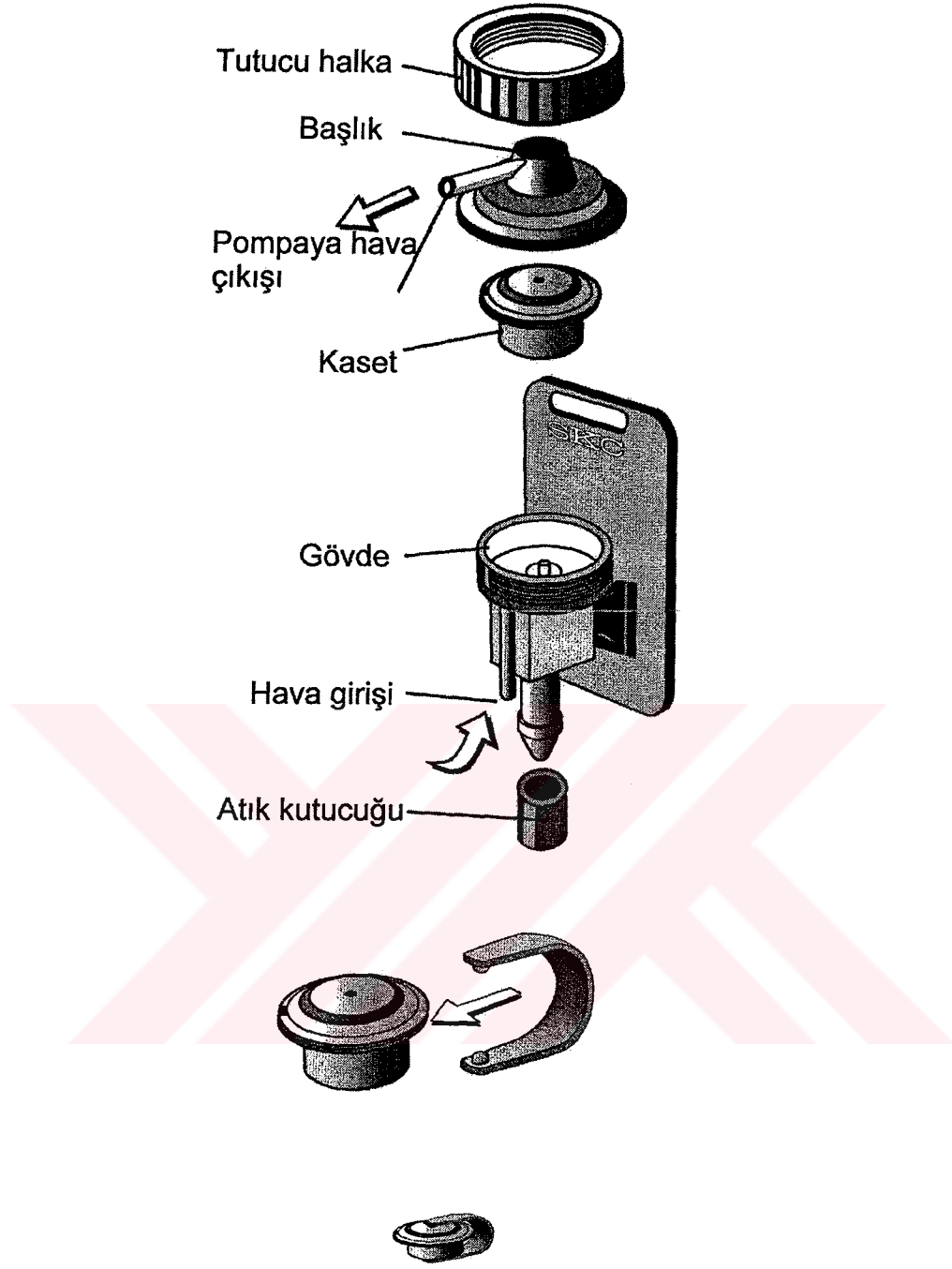


Şekil 6.1 Ölçüm için kullanılan cihazın şematik görünüşü

Cihaza takılan farklı ekipmanlarla hem inhalable hem de respirable partikül ölçümleri yapılabilmektedir. Respirable partikül terimi, boyutları $8.5 \mu\text{m}$ 'den daha küçük partiküller için kullanılmaktadır. Inhalable partikül terimi ise $8.5 \mu\text{m}$ 'den büyük partiküller için kullanılmaktadır. Inhalable partikül ölçümü için cihazın dışında temiz bağlantı borusu, siklon (Şekil 6.2) ve kaseti, filtre kağıdına gerek vardır. Respirable partikül ölçümünde ise siklonun yerine IOM (Institute of Occupational Medicine) numune alıcı başlığı (Şekil 6.3) kullanılmaktadır.



Şekil 6.2 Inhalable partikül için kullanılan başlık



Şekil 6.3 Respirable partikül ölçümü için kullanılan başlık

Numune alma işlemi, OSHA Technical Manual TED 1-0,15A'da ölçüm standartlarında belirtilen yönetime göre yapılmıştır. Cihaz, insanların genel soluma hızı olan, 1.7 litre/dakika hıza ayarlanmış ve bu hızla iç ortam havası çekilmiştir. Partikülleri tutmak için cihaz içine 0,8 μm por çapında ve GFA 2,5 cm çapında filtre kağıdı yerleştirilmiştir. Filtre kağıdı tartımları $\pm 0.1\text{mg}$ hassasiyetli hassas terazi ile yapılmıştır. Numune alma süresi, OSHA Standartlarında belirtildiği gibi iki saat alınmıştır. Ancak Standartta da belirtildiği üzere kirlilik yoğunluğu

çok fazla olan yerlerde numune alma süresi, iki saatin altında alınmıştır.

6.2 Deneyisel Araştırma Sonuçları

6.2.1 Büyük kapasiteli dökümhanelerdeki ölçüm sonuçları

Büyük kapasiteli olarak pik dökümün yapıldığı 7 döküm fabrikasında çalışma yapılmıştır. Bunlara ait liste ve özellikleri Çizelge 6.1’de verilmiştir. Çalışma yapılan firmaların isimleri çalışma için imkan sağlayan firmaların isteği üzerine bu tezde yazılmamıştır. Çizelgede, tesislerde havalandırmanın bulunup bulunmadığı ve kum hazırlama ile kalıplamanın aynı birimde yapılıp yapılmadığı mukayese edilmiştir. Çizelgedeki en düşük kapasiteli 3 tesisin 2’sinde iç ortam havalandırma bulunmamakta ve 3’ünde ise kum hazırlama ile kalıplama işleri aynı mekanda yapılmaktadır. İç ortam havalandırması bulunmayan iki tesiste, sadece ocaklar üzerinde çıkan gaz ve partiküler maddeleri çekmek için başlıklar bulunmaktadır. Kum hazırlama ile kalıplama işlerinin aynı mekanda yapıldığı tesislerde, kum hazırlama ve kalıplama işleri genellikle elle yapılmaktadır.

Çizelge 6.1 Ölçüm yapılan büyük kapasiteli dökümhanelere ait temel özellikler

	Kapasite (Ton/yıl)	İç Ortam Havalandırma	Kum hazırlama- Kalıplama
1 no’lu dökümhane	4800	Mevcut	Farklı Yerde
2 no’lu dökümhane	13650	Mevcut	Farklı Yerde
3 no’lu dökümhane	11596	Mevcut	Farklı Yerde
4 no’lu dökümhane	3400	Yok	Aynı Yerde
5 no’lu dökümhane	320	Yok	Aynı Yerde
6 no’lu dökümhane	4100	Mevcut	Aynı Yerde
7 no’lu dökümhane	21500	Mevcut	Farklı Yerde

Çizelge 6.2’de ölçüm yapılan tesislerdeki kapalı alan miktarları ve çalışan işçilerin sayısı verilmiştir.

Çizelge 6.2 Dökümhanelerdeki kapalı alan boyutları ve çalışan işi sayısı

	Kapalı alan (m ²)	Çalışan kişi sayısı	
		İdari personel	işçi
1 no'lu dökümhane	8000	47	122
2 no'lu dökümhane	16690	100	197
3 no'lu dökümhane	2500	10	72
4 no'lu dökümhane	100	8	44
5 no'lu dökümhane	150	2	10
6 no'lu dökümhane	300	6	39
7 no'lu dökümhane	25000	150	300

Araştırma yapılan tesislere ait özellikler ve elde edilen ölçüm sonuçları tesis bazında aşağıda detaylı olarak sunulmuştur.

1 numaralı dökümhane:

Ölçüm yapılan bu tesiste çeşitli pirinç ve çelik profilden mamüller, kalıp, makine imalatı, mobilya aksesuarları, çeşitli ölçüm mekanizmaları üretilmektedir. Tesis 8000 m² kapalı alana sahiptir. Tesiste 47'si idari personel olmak üzere toplam 169 kişi çalışmaktadır. Dökümhane kısmında aşağıdaki makine ve teçhizat bulunmaktadır:

1 adet endüksiyon ergitme ocağı (2 ton/saat kapasitede)

1 adet endüksiyon ergitme ocağı (0.5 ton/saat kapasitede)

8 adet kalıplama presisi

1 kum karıştırma makinesi

1 komple kum tesisi

1 kum kurutma fırını

5 maça makinesi

1 maça kurutma fırını

2 adet kesici disk motoru

3 adet kesici disk taşlama motoru

1 adet zımpara makinesi

1 adet kalıp temizleme kabini

1 adet baca filtre tesisi

Dökümhanenin yıllık üretim kapasitesi: 4800 ton/yıl

Dökümhanenin yıllık ham madde ihtiyacı:

Bakır külçe 2212 ton/yıl

Çinko külçe 802 ton/yıl

Kurşun külçe 123 ton/yıl

Pirinç çubuk ve profiller 600 ton/yıl

Yatak taşı 90000 adet/yıl

Çelik çubuk ve profiller 12 ton/yıl

Dökümhanede yapılan ölçümler sonrası elde edilen sonuçlar Çizelge 6.3 verilmiştir.

Çizelge 6.3 1 no'lu dökümhanede yapılan ölçüm sonuçları

TESİS 1	İnhalable partikül mg/ m ³	Respirable partikül mg/m ³
Ocak 1	6.20	4.94
Ocak 2	12.35	1.23
Kalıplama ve dökme	11.11	7.41

2 numaralı dökümhane:

Ölçüm yapılan bu tesiste pik dökümden çeşitli makine parçaları üretilmektedir.16,690 m²'lik bir alanda üretim yapılmaktadır. Tesiste 100 idari personel olmak üzere 297 kişi çalışmaktadır.

Dökümhanede aşağıdaki makine ve tesisat mekanizmaları bulunmaktadır:

2 adet kupol ocağı

1 adet maça kurutma fırını

4 adet arabalı döküm potası

4 adet döküm temizleme dolabı

3 adet döküm temizleme dolabı (küçük)

5 adet zımpara taşı

2 adet kum yükleme makinesi

6 adet kum kalıplama presi

2 adet kum mikseri

2 adet maça presi

12 adet döküm konveyörü

3 adet kalıp bozma makinesi

1 adet endüksiyon ocağı

1 adet kum kalıplama makinesi

Dökümhanenin kapasitesi:

Kupol ocakları ergitme kapasitesi 9600 ton/yıl

Endüksiyon ocağı ergitme kapasitesi %90 verimle 4050 ton/yıl

Toplam 13650 ton/yıl

Kalıplama presleri kapasitesi %80 verimle 10000 ton/yıl

Yıllık hammadde ihtiyacı:

Pik: 8000 ton/yıl

Kok kömürü: 1488 ton/yıl

Grafit tozu: 15000 kg/yıl

Ferro silis: 50000 kg/yıl

Sentetik kum: 600 ton/yıl

Bentonit: 300 ton/yıl

Zımpara taşı: 8000 adet/yıl

Maça kumu: 750 ton/yıl

Kömür tozu: 300 ton/yıl

Dökümhanede yapılan ölçümler sonrası elde edilen sonuçlar Çizelge 6.4 verilmiştir.

Çizelge 6.4 2 no'lu dökümhanede yapılan ölçüm sonuçları

TESİS 2	İnhalable partikül mg/m ³	Respirable partikül mg/m ³
Ocak	11.11	7.41
Kalıplama	9.90	6.2
Taşılama	13.58	6.5

3 numaralı dökümhane:

Ölçüm yapılan bu tesiste fittings ve çeşitli otomotiv pik döküm parçaları üretilmektedir. 2500 m² alana sahip bu tesiste 10 idari personel olmak üzere 82 kişi çalışmaktadır.

Dökümhanenin yıllık kapasitesi:

Ergitme döküm ünitesi %85 çalışma verimiyle 8160 ton/yıl'dır. Kalıplama ünitesinde iki tip kalıplama işlemi yapılmaktadır:

Otomatik kalıplama ünitesi: Buradaki kapasite 4998 ton/yıl'dır.

Elle kalıplama ünitesi: Buradaki kapasite 6598 ton/yıl'dır.

Dökümhanenin yıllık ham madde ihtiyacı aşağıda verilmektedir:

Külçe sfero pik: 5146 ton/yıl

Hematit pik: 924 ton/yıl

Ferro-silis-magnezyum: 132 ton/yıl

Granül silis: 330 ton/yıl

Reaktif karbon: 66 ton/yıl

Reçine: 44 ton/yıl

Sertleştirici: 22 ton/yıl

Silis kumu: 3500 ton/yıl

Bentonit 800 ton/yıl

Kömür tozu 200 ton/yıl

Yapılan ölçümler sonrası elde edilen sonuçlar Çizelge 6.5 verilmiştir:

Çizelge 6.5 3 no'lu dökümhanede yapılan ölçüm sonuçları

TESİS 3	İnhalable partikül mg/m ³	Respirable partikül mg/m ³
Ocaklar	28.7	15.5
Otomatik kalıplama	21.6	12.3
Elle kalıplama	8.6	Ölçülmedi
Taşıma	12.3	10

4 numaralı dökümhane:

Ölçüm yapılan bu dökümhanede pik metalden çeşitli makine parçaları üretilmektedir. Yaklaşık 1000 m²'lik kapalı alana sahip olan bu tesiste toplam 52 kişi çalışmaktadır. Kullanılan malzemeler kullanılmış, eski döküm malzemeleridir. Tesiste 1 adet indüksiyon ocağı bulunmaktadır. Kalıplama ve döküm işleri elle yapılmaktadır. Yapılan ölçümler sonrası elde edilen sonuçlar Çizelge 6.6'de verilmiştir.

Çizelge 6.6 4 no'lu dökümhanede yapılan ölçüm sonuçları

TESİS 4	İnhalable partikül mg/m ³	Respirable partikül mg/m ³
Ocak	5.20	0.30
Kalıplama	9.80	6.17

5 numaralı dökümhane:

Ölçüm yapılan bu dökümhanede turistik ve hediyelik eşyalar, ayrıca bazı küçük makine parçaları üretilmektedir. Yaklaşık 150 m²'lik kapalı alana sahip olan bu tesiste toplam 10 işçi

çalışmaktadır. Kullanılan malzemeler daha önceden kullanılmış, eski döküm malzemeleridir. Tesiste 2 adet sıvı yakıtla çalışan ocak bulunmaktadır. Kalıplama ve döküm işleri eller yapılmaktadır. Yapılan ölçümler sonrası elde edilen sonuçlar Çizelge 6.7'deki gibidir.

Çizelge 6.7 5 no'lu dökümhanede yapılan ölçüm sonuçları

TESİS 5	İnhalable partikül mg/m ³	Respirable partikül mg/m ³
Ocak	6.20	1.20
Kalıplama	9.50	6.50

6 numaralı dökümhane:

Ölçüm yapılan bu dökümhanede çeşitli makine parçaları, hidrolik makine ekipmanları üretilmektedir. Yıllık üretim kapasitesi 4100 ton olan bu tesiste 45 kişi tek vardiya çalışmaktadır ve tesis 1300 m² kapalı alana sahiptir. Yapılan ölçümler sonrası elde edilen sonuçlar:

İnhalable partikül:37 mg/m³ ve Respirable partikül: 22 mg/m³

şeklindedir.

7 numaralı dökümhane:

Ölçüm yapılan bu dökümhanede ısı malzemeleri üretilmektedir. Ölçüm sonuçları Çizelge 6.8'de verilmiştir.

Çizelge 6.8 7 no'lu dökümhanede yapılan ölçüm sonuçları

TESİS 7	İnhalable partikül	Respirable partikül
Kum hazırlama	16.5	9.9
Kalıplama	8.6	3.7
Ocak	11.1	6.7

Büyük kapasiteli 7 tesise ait genel değerlendirme:

Tesislerin kapasiteleri 320-21500 ton/yıl arasında değişmektedir. Büyük tesislerde tüm tesis içinin havalandırılması söz konusu iken en küçük kapasiteli 2 tesiste sadece ocakların üstüne

konulmuş kirli havayı çekme sistemleri mevcuttur. Sektörde en çok tozun oluşmasına neden olan birim olan kum hazırlama birimi, kalıp hazırlama biriminden büyük kapasiteli tesislerde ayrılmış durumda iken en küçük kapasiteli 3 tesiste aynı mekanda bulunmaktadır.

Büyük tesislerde çeşitli birimlerdeki iç ortam partikül miktarı dağılımları Çizelge 6.9'da verilmiştir.

Çizelge 6.9 Büyük tesislerde birimlerde iç ortam partikül miktarları

Birim	İnhalable partikül mg/ m ³		Respirable partikül mg/m ³	
	Aralık	Ortalama	Aralık	Ortalama
Ocak	5.2-28.7	11.6	0.30-15.5	5,3
Kalıplama	8.6-21.6	11.3	3.7-12.3	7.1
Taşıma	12.3-13.58	12.9	6.5-10	8.3
Kum hazırlama	16.5		9.9	

Büyük tesislerdeki ortalama inhalable partikül konsantrasyonu ülkemiz mevzuatındaki sınır olan 10 mg/m³'ün üstünde kalmaktadır. Ortalama respirable partikül konsantrasyonları da OSHA standardı olan 5 mg/m³'ün üstünde kalmaktadır. Bütün ölçümlerin değişim aralıkları ve ortalamaları ise Çizelge 6.10'da sunulmuştur.

Çizelge 6.10 Büyük tesislerde tüm ölçümlere ait değerlendirme

	İnhalable partikül mg/ m ³		Respirable partikül mg/m ³	
	Aralık	Ortalama	Aralık	Ortalama
Tüm Birimler	5.2-37	8.9	0.30-22	7.4

Çizelgenin incelenmesi ile; ortalama konsantrasyonlarda respirable partiküllerin yine OSHA standardını aştığı görülür.

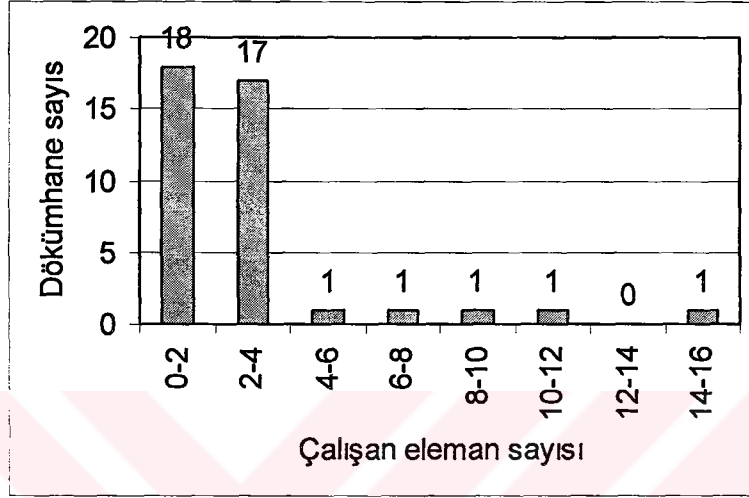
Bu sonuçlar ülkedeki büyük tesisler olmalarına rağmen iç ortam hava kalitesini yeterince iyileştiremediklerini ifade etmektedir.

6.2.2 Küçük kapasiteli dökümhanelerdeki ölçüm sonuçları

Bu çalışmada, İstanbul'da, 100-200 m² alanda üretim yapan kapasitesi genelde 100

ton/yıl'dan küçük olan toplam 45 döküm atelyesi ele alınmıştır. Tüm küçük kapasiteli dökümhanelerde tek vardiya çalışma söz konusudur.

Toplam çalışan eleman sayılarına göre dökümhanelerin dağılımı, Şekil 6.4'de görüldüğü gibidir. Şekilden görüldüğü üzere dökümhanelerde genellikle 2-4 kişi çalışmaktadır. Çalışan elemanların eğitimleri çoğunlukla (%90'dan fazlası) ilkokul seviyesindedir. Sektör, çıraklık usulü ile eğitim sonucu elde edilen bilgi birikimi ile ayakta tutulmaya çalışılmaktadır.



Şekil 6.4 Dökümhanelerde çalışan toplam eleman sayısı

Ölçüm yapılan dökümhanelerin kullandıkları hammadde miktarları, üretim miktarları, tesis kullanım alanları Çizelge 6.11'de verilmiştir.

Çizelge 6.11 Küçük kapasiteli dökümhanelere ait üretim bilgileri.

Ölçüm Yapılan Dökümhaneler	Tesis Kullanım Alanı (m ²)	Tesisin Üretim Amacı	Kullanılan Ham Madde Miktarı (ton/yıl)	Üretilen Madde Miktarı (ton/yıl)
1. Dökümhane	100	Külçe çinko üretimi	315 (hurda)	300
2. Dökümhane	100	Avize, anahtar, turistik eşya	21 (külçe ve hurda bronz)	21
3. Dökümhane	400	Alüminyum levha,disk	420 (alüminyum külçe)	360
4. Dökümhane	100	Yangın vanası	21 (hurda bronz)	20
5. Dökümhane	100	Banyo bataryası	18 (külçe-hurda bronz)	18

Çizelge 6.11 (Devam)

Ölçüm Yapılan Dökümhaneler	Tesis Kullanım Alanı (m ²)	Tesisin Üretim Amacı	Kullanılan Ham Madde Miktarı (ton/yıl)	Üretilen Madde Miktarı (ton/yıl)
6. Dökümhane	100	Sarı külçe	88 (hurda bronz) 163 (külçe bronz) 18 (çinko külçe)	225
7. Dökümhane	100	Külçe alüminyum	120 (Alüminyum cürufu)	60
8. Dökümhane	100	Külçe alüminyum	185 (Alüminyum hurda)	180
9. Dökümhane	100	Tost makinesi parçası, tava	60 (Alüminyum külçe)	60
10. Dökümhane	400	Alüminyum levha	300 (Alüminyum külçe)	300
11. Dökümhane	100	Külçe çinko	540 (Çinko cürufu)	360
12. Dökümhane	100	Külçe alüminyum	150 (Alüminyum cürufu)	25
13. Dökümhane	100	Külçe alüminyum	100 (Alüminyum cürufu)	25
14. Dökümhane	200	Külçe çinko	396 (Hurda çinko)	360
15. Dökümhane	100	Redüktör dişlisi, küresel vana	3 (hurda bronz)	1.5
16. Dökümhane	100	Sarı külçe	120 (Sarı cüruf)	60
17. Dökümhane	100	Su armatürleri	50 (külçe-hurda bronz)	50
18. Dökümhane	100	Külçe çinko	375 (hurda çinko)	375
19. Dökümhane	100	Külçe alüminyum	95 (alüminyum folyo)	88
20. Dökümhane	100	Avize parçası	10 (hurda bronz)	7.5
21. Dökümhane	200	Külçe alüminyum	45 (alüminyum cürufu)	36
22. Dökümhane	150	Külçe alüminyum	120 (alüminyum cürufu)	60
23. Dökümhane	100	Külçe alüminyum	500 (Alüminyum cürufu)	100

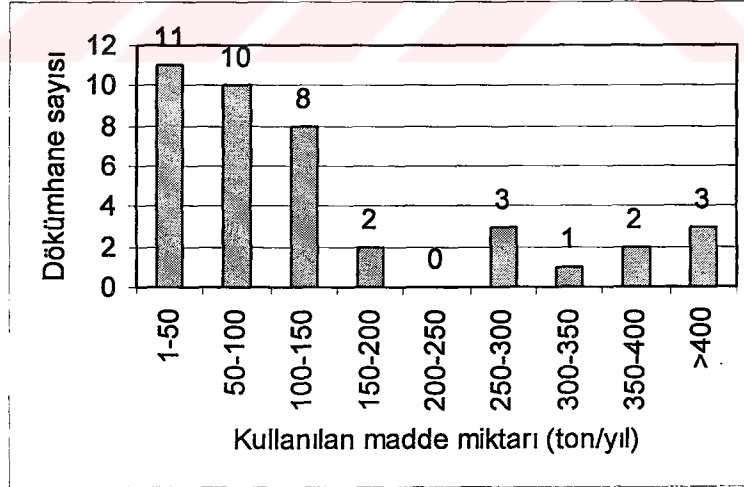
Çizelge 6.11 (Devam)

Ölçüm Yapılan Dökümhaneler	Tesis Kullanım Alanı (m ²)	Tesisin Üretim Amacı	Kullanılan Ham Madde Miktarı (ton/yıl)	Üretilen Madde Miktarı (ton/yıl)
24. Dökümhane	100	Külçe alüminyum	180 (alüminyum cürufu)	120
25. Dökümhane	100	Külçe alüminyum	135 (Alüminyum cürufu)	120
26. Dökümhane	100	Külçe alüminyum	120 (Alüminyum cürufu)	60
27. Dökümhane	100	Sarı külçe	80 (hurda bronz) 155 (külçe bronz) 20 (külçe çinko)	210
28. Dökümhane	100	Külçe alüminyum	55 (Alüminyum talaşı)	50
29. Dökümhane	100	Banyo bataryası	50 (hurda-talaş- külçe bronz)	50
30. Dökümhane	200	Cu-Cr alaşımları, Sn bronz, Al bronz, Al alaşımları	48 (Cu), 11.4 (Al), 0.6 (Cr)	84 (Cu-Cr), 4.8 (Sn Bronz), 36 (Al Bronz), 11 (Al alaşım)
31. Dökümhane	100	Yangın vanası	30 (külçe-hurda br)	30
32. Dökümhane	100	Oyuncak, turistik eşya	6 (hurda bronz)	6
33. Dökümhane	100	Su armatürleri	50 (külçe-hurda bronz)	50
34. Dökümhane	100	Külçe alüminyum	95 (alüminyum folyo)	88
35. Dökümhane	100	Küresel vana	82.5 (külçe-hurda bronz)	75
36. Dökümhane	100	Külçe alüminyum	98 (Alüminyum hurda)	90
37. Dökümhane	100	Sarı külçe	124 (hurda-cüruf sarı)	80
38. Dökümhane	100	Makine yatakları ve dişlileri	60 (külçe-hurda bronz)	60
39. Dökümhane	100	Alüminyum külçe	125 (alüminyum cüruf)	88

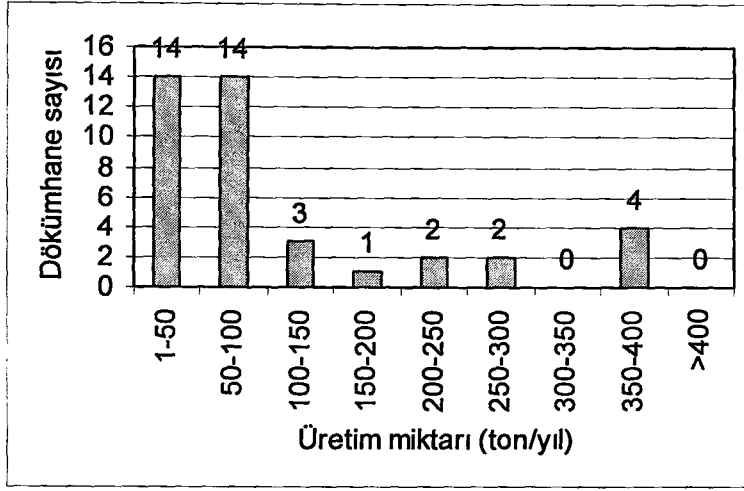
Çizelge 6.11 (Devam)

Ölçüm Yapılan Dökümhaneler	Tesis Kullanım Alanı (m ²)	Tesisin Üretim Amacı	Kullanılan Ham Madde Miktarı (ton/yıl)	Üretilen Madde Miktarı (ton/yıl)
40. Dökümhane	100	Banyo bataryaları, musluk dökümü	87.5 (hurda-külçe sarı)	87
41. Dökümhane	100	Yuvarlak alüminyum külçe	185 (külçe alüminyum)	180
42. Dökümhane	100	Buzdolabı vb.	130 (zamak külçe)	130
43. Dökümhane	70	Sıhhi tesisat	150 (hurda bronz)	150
44. Dökümhane	100	Alüminyum külçe	225 (alüminyum talaş ve cüruf)	150
45. Dökümhane	100	Yuvarlak alüminyum külçe	180 (alüminyum külçe)	180

Dökümhanelerde kullanılan ham madde ve ürün miktarlarına göre dökümhanelerin dağılımı Şekil 6.5 ve Şekil 6.6'da verilmiştir.

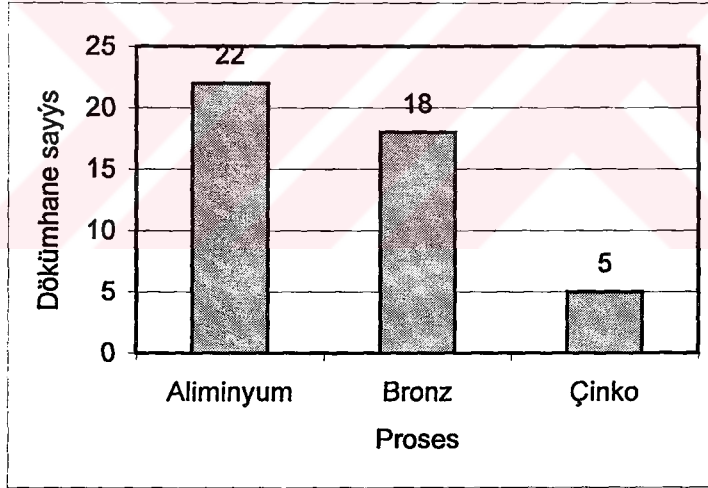


Şekil 6.5 Kullandıkları ham madde miktarlarına göre dökümhaneler



Şekil 6.6 Ürün miktarlarına göre dökümhaneler

Şekil 6.5 ve 6.6 dökümhanelerin kapasitelerinin 1-100 ton/yıl arasında yoğunlaşmış olduğunu göstermektedir. Kapasitelerin düşük olması, teknolojik ilerleme için gerekli yatırımın yapılamamasından kaynaklanmaktadır. Şekil 6.7’de kullandıkları malzemelere göre (alüminyum, bronz ve çinko olarak) incelenen dökümhaneler sınıflandırılmıştır.



Şekil 6.7 Kullandıkları malzemelere göre dökümhane sayıları

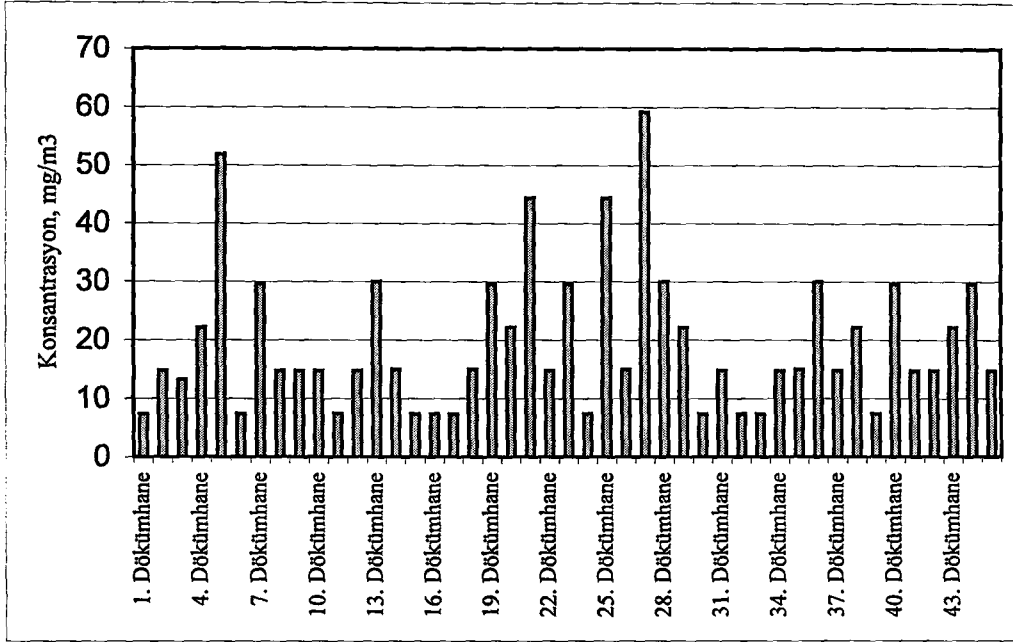
Küçük kapasiteli dökümhanelerde ölçümler, genelde ocakların bulunduğu kısımda işçi çalışma noktasında yapılmıştır. Küçük dökümhanelerin hiçbirinde iç ortam havalandırmasının bulunmadığı belirlenmiştir. İnhalable ve respirable partiküllerin ölçüm sonuçları ölçümün yapıldığı yer itibariyle Çizelge 6.12’de toplu halde verilmiştir. Ölçüm sonuçları Şekil 6.8 ve 6.9’da grafik olarak gösterilmiştir.

Çizelge 6.12 Dökümhanelerdeki ölçüm yapılan yerler ve ölçüm sonuçları, mg/m³.

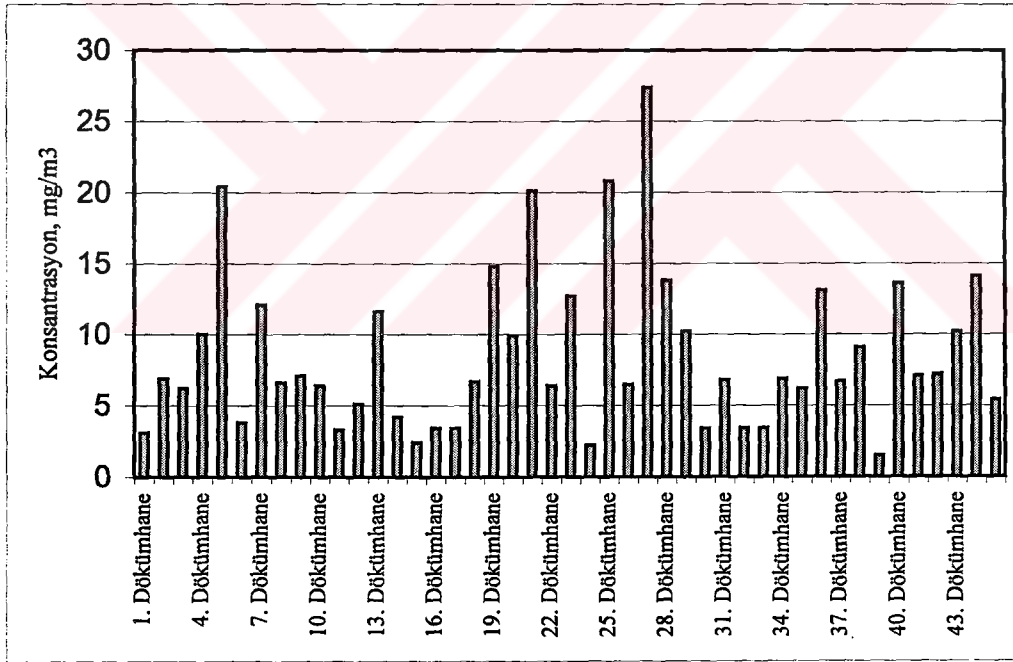
Ölçüm yapılan dökümhane (Birim)	İnhalable partikül	Respirable partikül
1. Dökümhane (Ocak)	7.4	3.1
2. Dökümhane (Ocak)	14.8	6.9
3. Dökümhane (Ocak)	13.2	6.2
4. Dökümhane (Ocak)	22.2	10
5. Dökümhane (Ocak)	51.9	20.4
6. Dökümhane (Ocak)	7.4	3.8
7. Dökümhane (Ocak)	29.6	12.1
8. Dökümhane (Ocak)	14.8	6.6
9. Dökümhane (Ocak)	14.8	7.1
10. Dökümhane (Ocak)	14.8	6.4
11. Dökümhane (Ocak)	7.4	3.3
12. Dökümhane (Ocak)	14.8	5.1
13. Dökümhane (Ocak)	30	11.6
(Kum hazırlama)	29.6	16.3
14. Dökümhane (Ocak)	15	4.2
15. Dökümhane (Ocak)	7.4	2.4
16. Dökümhane (Ocak)	7.4	3.4
17. Dökümhane (Ocak)	7.4	3.4
18. Dökümhane (Ocak)	15	6.7
(Kalıplama)	7.4	3.1
19. Dökümhane (Ocak)	29.6	14.8
20. Dökümhane (Ocak)	22.2	9.9
21. Dökümhane (Ocak)	44.4	20.1
22. Dökümhane (Ocak)	14.8	6.4
23. Dökümhane (Ocak)	29.6	12.7
24. Dökümhane (Ocak)	7.4	2.2
25. Dökümhane (Ocak)	44.4	20.8

Çizelge 6.12 (Devamı)

Ölçüm yapılan dökümhane (Birim)	İnhalable partikül	Respirable partikül
26. Dökümhane (Ocak)	15	6.5
27. Dökümhane (Ocak)	59.2	27.4
28. Dökümhane (Ocak)	30	13.8
29. Dökümhane (Ocak)	22.2	10.2
30. Dökümhane (Ocak)	7.4	3.4
31. Dökümhane (Ocak)	14.8	6.8
32. Dökümhane (Ocak)	7.4	3.4
33. Dökümhane (Ocak)	7.4	3.4
34. Dökümhane (Ocak)	14.8	6.9
35. Dökümhane (Ocak)	15	6.2
36. Dökümhane (Ocak)	30	13.1
37. Dökümhane (Ocak)	14.8	6.7
38. Dökümhane (Ocak)	22.2	9.1
39. Dökümhane (Ocak)	7.4	1.5
40. Dökümhane (Ocak)	29.6	13.6
41. Dökümhane (Ocak)	14.8	7.1
42. Dökümhane (Ocak)	14.8	7.2
43. Dökümhane (Ocak)	22.2	10.2
44. Dökümhane (Ocak)	29.6	14.1
45. Dökümhane (Ocak)	14.8	5.4



Şekil 6.8 Küçük dökümhanelerdeki inhalable partikül ölçüm sonuçları

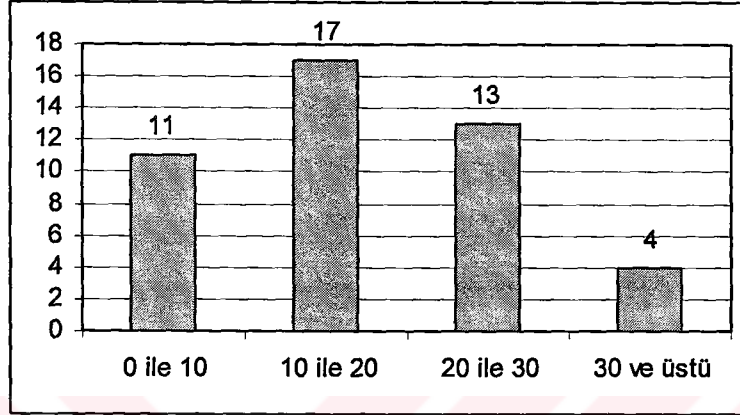


Şekil 6.9 Küçük dökümhanelerdeki respirable partikül ölçüm sonuçları

Küçük döküm atölyelerinin önemli bir kısmında (%76'sında), inhalable partikül konsantrasyonlarının ülkemiz mevzuatındaki sınır değer olan 10 mg/m^3 'ün üstünde kaldığı görülmektedir. Ocaklara ait inhalable partikül konsantrasyonu ölçüm ortalaması 19.6 mg/m^3 olarak belirlenmiştir ki bu değer büyük tesisler için bulunan ortalamanın %60 daha fazlasıdır.

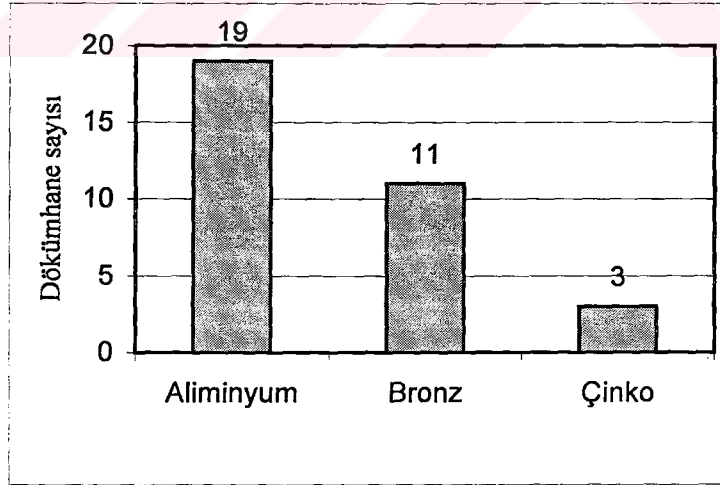
Kum hazırlama için elde edilen değer de 29.6 mg/m^3 olarak beklendiği gibi oldukça yüksektir ve bu değer de büyük tesislerdekinden takriben %60 daha fazla olarak belirlenmiştir. Şekil 6.10'dan da görüleceği üzere, inhalable partikül konsantrasyon dağılımı, en çok $10\text{-}20 \text{ mg/m}^3$ aralığında bulunmuştur (%39).

Respirable partikül ölçüm sonuçları da OSHA tarafından verilen sınır değer olan 5 mg/m^3 'ün çoğunlukla (atölyelerin %73'ünde) üstünde bulunmuştur.



Şekil 6.10 Küçük dökümhanelerde inhalable partikül konsantrasyon görülme sıklıkları

Kullandıkları malzemelere göre inhalable partikül ölçüm sonuçları sınır değeri aşan dökümhane sayıları Şekil 6.11'den mukayeseli olarak görülmektedir.



Şekil 6.11 Kullanılan malzemeye göre ölçüm sonuçları sınır değeri aşan dökümhane sayıları

Şekil 6.11'den; alüminyumla çalışan dökümhanelerin %87'sinin, bronzla çalışan dökümhanelerin %61'inin ve çinko ile çalışanların %60'ının yapılan ölçümler sonucunda sınır değeri aştığı görülmektedir.

Küçük tesislerdeki çeşitli birimlerde iç ortam partikül miktarı dağılımları Çizelge 6.13’de verilmiştir.

Çizelge 6.13 Küçük tesislerde birimlerde iç ortam partikül miktarları

Birim	İnhalable partikül mg/ m ³		Respirable partikül mg/m ³	
	Aralık	Ortalama	Aralık	Ortalama
Ocak	7.4-59.2	19.6	1.5-27.4	8.6
Kalıplama	7.4		3.1	
Kum hazırlama	29.6		16.3	

Ortalama inhalable partikül konsantrasyonu ülkemiz mevzuatındaki sınır olan 10 mg/m³’ün üstünde kalmaktadır. Ortalama respirable partikül konsantrasyonları da OSHA standardı olan 5 mg/m³’ün üstünde kalmaktadır. Bütün ölçümlerin değişim aralıkları ve ortalamaları ise Çizelge 6.14’dedir.

Çizelge 6.14 Küçük tesislerde tüm ölçümlere ait değerlendirme

Birim	İnhalable partikül mg/ m ³		Respirable partikül mg/m ³	
	Aralık	Ortalama	Aralık	Ortalama
Tüm Birimler	7.4-59.2	19.6	1.5-27.4	8.6

Çizelgenin incelenmesi ile; ortalama konsantrasyonlarda inhalable ve respirable partiküllerin ulusal ve uluslararası sınırları aştığı belirlenir.

7 SONUÇ ve ÖNERİLER

Günümüzde, genelde bir insanın zamanının %90'ının bazen daha fazlasının iç ortamlarda geçirdiğini ve bunun büyük bir bölümünün ticari çevrelerde veya ikamet edilen yerlerde harcandığı bilinmektedir. İç ortam hava kirleticilerine maruz kalmadan dolayı meydana gelen erken ölümlerin ve diğer istenilmeyen sağlık sorunlarının dış ortam hava kirleticilerine göre daha fazla etken oldukları da bilinmektedir. Günümüzde iç ortam hava kirliliği ile ilgili çok sayıda problemlerle karşılaşmaktadır. Legionaire hastalığı, hasta bina sendromu, üre-formaldehit köpük izolasyonundan formaldehit, partiküllerin neden olduğu sağlık problemleri bunlardan sadece birkaçıdır. Birçok yeni çalışmalar, ev ve ticari yapıların her ikisinde iç ortam hava kalitesi hakkındaki endişeleri artırmıştır.

Bu çalışmanın konusunu oluşturan iç ortam havasındaki partiküller, nefes alma sonucunda insan vücuduna eriştiğinde insanın anatomik yapısını ve birtakım fiziksel reaksiyonları etkilemektedir.

Tezin konusu olan dökümcülük sektörü, üretim prosesleri itibariyle işçi sağlığını olumsuz yönde etkileyen bir sektördür. Bu olumsuz etki, genelde uzun zaman diliminde etkisini göstermektedir. Çalışanların olumsuz etkiden korunması için, tesis içinde gerekli önlemlerin alınması gerekmektedir. A:B.D. ve diğer gelişmiş ülkelerin çoğunda iç ortam hava kalitesi ile ilgili standartlar geliştirilmiştir ve uygulanmaktadır. Bu ülkelerde, konu ile ilgilenen organizasyonlar araştırma ve kontrol çalışmalarında bulunmaktadır. ASHRAE, OSHA, EPA bunlardan bazılarıdır. Ülkemizde ise işçi sağlığı ile ilgili olarak Çalışma Bakanlığı bünyesinde kurulmuş bulunan İSGÜM (İşçi Sağlığı ve Güvenliği Merkezi) teşkilatı çalışmaktadır. Teşkilata ait Ankara, İstanbul ve Zonguldak'ta birimler bulunmakta ise de ülke genelinde yaygın değildir. Mevcut birimler ise bulundukları bölgeye hizmet vermeye yeter seviyede değildir.

Hali hazırda yürürlükte olan 20635 numara ve 14 Eylül 1990 tarih ile Resmi Gazete'de yayınlanarak yürürlüğe giren Toz Mücadelesiyle İlgili Yönetmelik'te silika toz için istenen sınır değeri 10 mg/m^3 'tür. Amerikan OSHA Standards-29 CFR'ye göre toplam toz miktarı 15 mg/m^3 , respirable toz miktarı ise 5 mg/m^3 'ü geçmemelidir.

Günümüz Türk döküm sektörü, Avrupa ve diğer ülkelerdeki döküm malzemesi kullanıcılarına döküm malzemesi tedarik etmede önemli bir paya sahiptir. Bu paydaki artış ise günden güne artmaktadır. Tüdoksad (1999) verilerine göre; Avrupa'nın döküm malzemesi üretme miktarında 1970-1995 yılları arasında sadece %7.8'lik bir artış görülmüştür. Buna karşılık

aynı dönemde, Türkiye'nin üretimindeki artış %250 şeklinde olmuştur. Ülkemiz 1970 yılı kapasitesi 217,000 ton iken, 1997 yılında 900,000 tona ulaşmıştır. Türkiye'deki üretim dünyadaki toplam üretimin %1.1'ini, tüm Avrupa'nın ise %3.5'ini teşkil etmektedir.

Bu çalışmada çok geniş malzeme aralığında değişen dökümcülük sektörüne ait 7 büyük ve 45 küçük kapasiteli döküm fabrikası veya atölyesinde, iç ortam havasına partikül kazandırabilecek birimlerdeki işçinin bulunduğu noktalarda partikül ölçümleri standart ölçüm şartlarına uyularak yapılmıştır. Büyük tesisler, pik döküm fabrikalarıdır. Küçük döküm atölyelerinde ise alüminyum, bronz ve çinko malzemelerin dökümü de yapılmaktadır.

Kapasiteleri 320-21500 ton/yıl arasında değişen büyük kapasiteli tesislerde, genelde tüm tesis içi veya kirlenici kaynaklarının üstünün havalandırıldığı, iç ortam hava kalitesinin düzeltilmesine çalışıldığı görülmüştür. Buna karşılık, 100-200 m² alanlarda genelde 1-4 kişi ile döküm işleri yürütülen döküm atölyelerinin hiçbirinde iç ortam havası kalitesini düzeltmek için bir havalandırılmanın bulunmadığı tespit edilmiştir.

Çizelge 7.1 büyük/küçük tesislere ve tüm sektöre ait partikül ölçüm sonuçlarını mukayeseli olarak ifade etmektedir. Büyük tesislerde inhalable partikül miktarı sınır değerden az ise de; genel itibariyle büyük ve küçük tesislerdeki partikül ölçüm sonuçları sektörün gerek inhalable ve gerekse respirable partiküller açısından iyi durumda olmadığını göstermiştir.

Çizelge 7.1 Büyük/küçük tesislerde ve sektör genelinde iç ortam partikül miktarları

	İnhalable partikül mg/ m ³		Respirable partikül mg/m ³	
	Aralık	Ortalama	Aralık	Ortalama
Büyük Tesisler	5.2-37	8.9	0.3-22	7.4
Küçük Tesisler	7.4-59.2	19.6	1.5-27.4	8.6
Genel	5.2-59.2	14.3	0.3-27.4	8.0

Özellikle küçük kapasiteli dökümhanelerde durum oldukça daha vahimdir. Küçük dökümcüler içindeki gruplardan, alüminyum ramatı ve dökümü ile meşgul olan işletmelerde sınır değeri aşma oranı diğer hammaddeleri kullanan dökümhanelere göre daha fazladır. Alüminyum son zamanlarda sadece ülkemizde değil bütün dünya sanayisinde önem kazanan bir maddedir. Alüminyum, otomobil kaportası, çeşitli mutfak eşyaları, çeşitli makine

parçaları, çeşitli kaplama işleri vb. oldukça sık kullanılmaktadır. Bu kadar çok kullanım alanı olan bir maddenin üretim prosesinin de çevre şartlarına daha uygun olarak yapılması gerekmektedir. Ancak yapmış olduğumuz ölçümlerde sınır değeri aşan dökümhanelerin %58'i alüminyum malzemeler üreten dökümhaneler %36'sı bronz ve %7'si de çeşitli çinko malzemeler üreten dökümhanelerdir.

Bu çalışmada deneysel olarak tesislerin iç ortam havasında belirlenen kirli havadan ve dolayısıyla bununla gelen sağlık zararlarından kurtulmak için çeşitli önlemler alınabilir. Bu önlemler hem yasal hem de proses boyutlarında incelenilebilir. Konuyla doğrudan ilgili bir yönetmelik yoktur. Madencilik iş kolu için çıkarılan yönetmelik, tüm sektörler ve döküm sektörü de göz önüne alınarak, günümüzde gelişen teknolojik seviyeye bağlı olarak güncelleştirilmelidir. Bununla beraber, denetim mekanizmasının iyi çalışması için altyapının kurulması sağlanmalıdır.

Dökümcülük sektöründe iç ortam havasını düzeltmek için işletme içinde alınması gerekli tedbirler; mühendislik açısından uygun olarak tasarlanmış bir havalandırma sisteminin kurulması ve kullanılması, kullanılan bina hacminin kapasiteye ve yapılan işlere uygun olması, toz üreten birimlerin ayrılması, kumdan kalıplar yerine metal kalıpların kullanılması, tozlu birimlerde işçilerin mutlaka maske giymesi ve işçilerin düzenli olarak sağlık kontrollerinden geçirilmesi ve izlenmesi şeklinde sıralanabilir.

KAYNAKLAR

- Balanlı, A. ve Öztürk A., (1995), “Yapının İç ve Dış Çevresinin Yapı Biyolojisi Açısından İrdelenmesi”, Sağlık Kentler ve İnşaat Mühendisliği Sempozyumu, İzmir
- Drinker, P., (1954), “Pulmonary Dust Diseases”, Industrial Dust; Hygiene Significance, Measurement and Control, McGraw-Hill, New York
- Ertürk, F., (1994), “Partiküllerin Tutulmasındaki Temel Kavramlar”, Hava Kirliliği Kontrolü Ders Notları, İstanbul
- Freeman, M.H., (1995), “Pollution Prevention and Foundries”, Industrial Pollution Prevention Handbook, McGraw-Hill Inc, New York
- Int-Hout, D., (1998), “Air Distribution for Comfort and IAQ”, HPAC (Heating, Piping, Air Conditioning) Journal, Chicago
- İSGÜM Bülteni, (1989), “Demir Döküm İş Kolunda İşçi Sağlığı ve İşyeri Ortam Tarama Çalışması”, İstanbul
- Liu, R.T, (1984), “Industrial Exhaust Systems”, ASHRAE Handbook, Published by The American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineering, New York
- Liu, R.T. ve Huza, M.A., (1995), “Filtration and Indoor Air Quality: A Practical Approach”, ASHRAE Journal, New York
- Lund, H.F., (1971), “Pollution Control in Foundry Operations”, Industrial Pollution Control Handbook, McGraw-Hill Inc, New York
- Markert, J.W., (1969), “Use Total Pressure in Air System Design, Fan Selection”, Heating, Piping and Air Conditioning Journal, Chicago
- Marshall, J.W., (1996), “Health Care Ventilation Standard: Air Changes Per Hour or CFM/Patient?”, ASHRAE Journal, New York
- Meckler, M., (1990), “Evaluation Indoor Air Quality”, HPAC (Heating, Piping, Air Conditioning) Journal, Chicago
- Muller, C.O. ve England, W.G., (1995), “Achieving Your Indoor Air Quality Goals: Which Filtrasyon System Works Best?”, ASHRAE Journal, New York
- Nagda, N.L., Rector, H.E. ve Koontz, M.D., (1986), Guidelines for Monitoring Indoor Air Quality, Hemisphere Publishing Corporation, Maryland
- Özkaynak, F.T., (1994), “Filtreler”, Temiz Oda Tasarımı ve Klima Sistemleri, Tetisan A.Ş. Teknik Yayınları, İstanbul
- Özkaynak, F.T., (1994), “Temiz Odalarda Hava Dağılımı”, Temiz Oda Tasarımı ve Klima Sistemleri, Tetisan A.Ş. Teknik Yayınları, İstanbul
- Patty, F.A., (1990), Sampling and Analysis of Contaminants, New York
- Patty, F.A., (1958), “General Ventilation”, Industrial Hygiene and Toxicology, Interscience Publisher, New York
- Schwartz, L., (1957), “Occupational Dermatoses”, Occupational Diseases of the skin, Lea & Febiger, Philadelphia

Stern, A.C., (1977), "Pollution Control in Foundry", Air Pollution, Academic Press Inc, London

TÜDÖKSAD, (1999), Türkiye Döküm Sanayicileri Derneği Bülteni, İstanbul

Üzülmez, M., (1993), "Partikül Tutucular", Döküm Sanayi ve Çevre, Diyar Matbaacılık, İstanbul

VanOsdell, D.W. ve Sparks, L.E., (1995), "Carbon Adsorbtion for Indoor Air Cleaning", ASHRAE Journal, New York

Velicangil, S., (1980), "Pnömokonyozlar", Hekimler, Diş Hekimleri, Eczacılar ve Sağlık (Çevre) Mühendisleri İçin Koruyucu ve Sosyal Tıp, Filiz Kitapevi, İstanbul

Woodside, G., (1993), Hazardous Materials and Hazardous Waste Management, John Wiley & Sons, New York

OSHA, (1999), "Personal Sampling for Air Contaminants", OSHA Technical Manual TED 1-0.15A, New York



ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi 03.04.1975

Doğum yeri Erzincan

Lise 1988-1991

Lisans 1992-1996

Erzincan Kâzım Karabekir Lisesi

Yıldız Teknik Üniversitesi İnşaat Fak.

Çevre Mühendisliği Bölümü

Yüksek Lisans 1996-2000

Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Çevre Mühendisliği Bölümü

Çalıştığı kurum

1996-Devam ediyor YTÜ İnşaat Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü
Araştırma Görevlisi

