



T.C.

**ÇALIŞMA VE SOSYAL GÜVENLİK BAKANLIĞI
İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ**

**DEMİR DÖKÜMHANELERİNDE ÇALIŞANLARIN
TOZ, SİLİS VE AĞIR METAL MARUZİYETLERİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Fatma Gülesin Yavuz

(İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi)

ANKARA-2016

**T.C.
ÇALIŞMA VE SOSYAL GÜVENLİK BAKANLIĞI
İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ**

**DEMİR DÖKÜMHANELERİNDE ÇALIŞANLARIN
TOZ, SİLİS VE AĞIR METAL MARUZİYETLERİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Fatma Gülesin Yavuz
(İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi)

Tez Danışmanı
Erdem BABAARSLAN

ANKARA-2016

T.C.

Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı

İş sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü

ONAY

Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü

İş Sağlığı ve Güvenliği Uzman Yardımcısı Fatma Gülesin Yavuz,

Erdem BABAARSLAN danışmanlığında başlığı **Demir Dökümhanelerinde Çalışanların Toz, Silis Ve Ağır Metal Maruziyetlerinin Belirlenmesi, Değerlendirilmesi ve Çözüm Önerileri** olarak teslim edilen bu tezin savunma sınavı ... tarihinde yapılarak aşağıdaki jüri üyeleri tarafından **İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi** olarak kabul edilmiştir.

JÜRİ BAŞKANI

ÜYE

ÜYE

ÜYE

ÜYE

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

Kasım Özer

Genel Müdür

TEŞEKKÜR

Mesleki açıdan yetişmem ve uzmanlık tezi çalışmamı hazırlama aşamasındaki değerli katkılarından dolayı Genel Müdürümüz Sayın Kasım ÖZER'e, Genel Müdür Yardımcılarımız Sayın Dr. Havva Nurdan Rana GÜVEN'e, Sayın İsmail GERİM'e, Sayın Sedat YENİDÜNYA'ya, değerli yorumlarıyla tez çalışmama yön veren tez danışmanım Sayın Erdem BABAARSLAN'a, her zaman yanımda olan aileme ve çalışma arkadaşlarıma çok teşekkür ederim.

ÖZET

Fatma Gülesin Yavuz

Demir Dökümhanelerinde Çalışanların Toz, Silis ve Ağır Metal Maruziyetlerinin Değerlendirilmesi

Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü

İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi

Ankara, 2016

Demir döküm sektörü; kullanılan hammaddeler ve bu hammaddelerin işlendiği süreçler göz önüne alındığında iş sağlığı ve güvenliği açısından pek çok zararlı durumu içerisinde barındırmakta olup bunlardan birisi olan kimyasal maruziyet oldukça önemli bir yere sahiptir. Bu tez çalışması, döküm sektörünün ekonomik büyüklüğü ve uluslararası ticarete konu olması bakımından en büyük ve en önemli ürünü olan demir döküm sanayisinde gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın yapıldığı işletmelerde kullanılan hammaddeler ve bu hammaddelerin işlendiği süreçlerdeki toz, silis ve ağır metal maruziyet değerlerinin tespit edilerek çalışanların en fazla hangi bölümlerde ve hangi düzeyde toz, silis ve ağır metale maruz kaldıkları belirlenmiştir. Ayrıca, bu çalışma ile işletmelerdeki maruziyetin azaltılmasına yönelik önlemlerin anlatılması hedeflenmiştir. Bu amaçla MDHS 14/3, MDHS 101/2 metotlarına göre 21 noktada çalışanların solunabilir toz, silis maruziyetleri ile 8 noktada NIOSH metotlarına göre çalışanların Krom (Cr), Mangan (Mn), Alüminyum (Al), Nikel (Ni), Kadmiyum (Cd), Bakır (Cu) demir (Fe) ağır metal maruziyetleri belirlenmiştir. Solunabilir toz, silis ve ağır metal maruziyetleri belirlendikten sonra elde edilen sonuçlar tartışılarak değerlendirilmiştir.

Anahtar kelimeler: demir dökümhanesi, silis, toz, ağır metal maruziyeti

ABSTRACT

Fatma Gülesin Yavuz

Assessment of Dust, Quartz and Heavy Metal Exposure in Iron Foundries

**Ministry of Labour and Social Security, Directorate General of Occupational Health
and Safety**

Thesis for Occupational Health and Safety Expertise

Ankara, 2016

While taking into account both raw materials used and processing of these raw materials, iron industry contains in itself many harmful situations about occupational health and safety and chemical exposure topic which is also one of these statuses has a very important place. This thesis study was made in iron foundries which are the largest and foremost production with regard to economic size and international trade in foundry industry. By determining raw materials used in enterprises where the study was conducted and dust and silica and heavy metals exposures levels in processes where these raw materials are handled and by specifying workers' dust and silica and heavy metals exposures is at what level and is highest in which part of the enterprise it was aimed to give suggestions to decrease these exposures For this purpose, at 21 points for inhalable or respirable dust MDHS 14/3, for free silica analysis MDHS 101/2 and at 8 points for chromium (Cr), manganese (Mn), aluminum (Al), nickel (Ni), cadmium (Cd), copper (Cu) iron (Fe) NIOSH heavy metals methods..were used to determine exposures of foundry workers. After evaluation of respirable dust, silica and heavy metal exposures, these results were discussed and evaluated.

Keywords: iron foundry, silica, dust and heavy metal exposure

İÇİNDEKİLER

ÖZET	ii
ABSTRACT	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
TABLoların LİSTESİ.....	vi
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	vii
RESİMLERİN LİSTESİ	vii
GRAFİK LİSTESİ.....	viii
SİMGELER ve KISALTMALAR	ix
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER.....	3
2.1 DÖKÜM SANAYİ.....	3
2.1.1 Döküm Nedir?	3
2.1.2 Döküm Teknolojisinin Tarihçesi	3
2.1.3 Türk Döküm Sektörü.....	6
2.1.4 Döküm Üretim Yöntemleri ve Teknolojisi	9
2.1.5 Döküm İmalat Süreci.....	12
2.1.6 Demir Dökümhanelerinde Kullanılan Ana Girdiler	17
2.2 DEMİR DÖKÜM SANAYİSİNDEKİ ZARARLI KİMYASAL ETMENLER	20
2.2.1 Demir Dökümhanelerinde Toz Maruziyeti ve Tozun Sağlık Etkileri	20
2.2.2 Demir Dökümhanelerinde Ağır Metal Maruziyeti ve Ağır Metalin Sağlık Etkileri.....	24
2.3 YASAL DÜZENLEMELER.....	25
3. GEREÇ VE YÖNTEMLER	27
3.1 ÇALIŞMA HAKKINDA BİLGİ.....	27
3.2 ÖLÇÜM YAPILAN İŞLETMELER.....	30
3.2.1 Ankara Dökümcüler Sitesi	30
3.2.2 Ölçüm Yapılan Demir Dökümhanelerinde Numune Alınan Bölümlerin Seçimi..	32
3.3 SOLUNABİLİR TOZ, SİLİS VE AĞIR METAL MARUZİYETLERİNİN BELİRLENMESİNDE KULLANILAN YÖNTEMLER	33
3.3.1 Solunabilir Toz Maruziyetinin Belirlenmesinde Kullanılan Yöntem	33
3.3.2 Silis Maruziyetinin Belirlenmesinde Kullanılan Yöntem	35

3.3.3 Ağır Metal Maruziyetinin Belirlenmesinde Kullanılan Yöntem.....	36
4. BULGULAR	38
4.1 SOLUNABİLİR TOZ VE SİLİS MARUZİYET BULGULARI	38
4.2 AĞIR METAL BULGULARI	45
5. TARTIŞMA.....	55
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	59
7. KAYNAKÇA	66
8. ÖZGEÇMİŞ.....	70
9. EKLER	71

TABLoların LİSTESİ

Tablo	Sayfa
Tablo 2.1 Demir ve demir dışı üretimlere ait ülke sıralamaları [5].....	7
Tablo 2.2 Döküm sektöründe faal kuruluş sayıları - 2013 Mart [14]	8
Tablo 2.3 Demir sektöründe istihdam [14]	8
Tablo 2.4 Demir grubu dökümhanelerin coğrafi dağılımı [14].....	9
Tablo 2.5 ISIC Rev. 4 ve NACE Rev.2 döküm sanayi kodları [16]	10
Tablo 2.6 Pik demirin kimyasal yapısı [25]	17
Tablo 2.7 Türkiye’de dökümde kullanılan kumların kimyasal içeriği [26]	18
Tablo 2.8 Maça kumu karışımlarında kullanılan malzemelerin özellikleri [27].....	19
Tablo 2.9 Dökümhanelerde bulunan toz ve ağır metallerin sınır değerleri ve etki şekilleri	26
Tablo 3.1 Ölçüm ve inceleme yapılan dökümhaneler ile ilgili genel bilgiler	31
Tablo 3.2 Ölçüm yapılan ağır metaller ve kullanılan metotlar	37
Tablo 4.1 İşyerlerinde tespit edilen solunabilir toz maruziyet değerleri.....	39
Tablo 4.2 İşyerlerinde tespit edilen silis maruziyet değerleri ve eşik sınır değerleri.....	40
Tablo 4.3 A iş yeri ağır metal maruziyet analiz sonuçları	47
Tablo 4.4 B iş yeri ağır metal maruziyet analiz sonuçları.....	48
Tablo 4.5 C iş yeri ağır metal maruziyet analiz sonuçları.....	49
Tablo 4.6 D iş yeri ağır metal maruziyet analiz sonuçları	50

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1 Kum dökümdeki işlem sırası aşamaları [19].....	12
Şekil 3.1 Tez çalışmasının basamakları	28
Şekil 3.2 Ölçüm yapılan dökümhanelerin yerleşim planı örneği	33

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 2.1 Maça yapımı.....	13
Resim 2.2 Hazırlanan kalıp	14
Resim 2.3 Kalıptan çıkmış döküm	14
Resim 2.4 Potalı ocak.....	15
Resim 2.5 Döküm potası	15
Resim 2.6 Döküm işlemi.....	15
Resim 2.7 Döküm işlemi.....	15
Resim 2.8 Kumlamada kullanılan çelik bilya	16
Resim 2.9 Çelik kumlama makinesi.....	16
Resim 2.10 Çapakların temizlenmesi.....	17
Resim 2.11 Otomatik taşlama	17
Resim 2.12 Döküm kumu.....	19
Resim 2.13 Maça kumu.....	19
Resim 3.1 Hassas terazi.....	34
Resim 3.2 Kişisel hava örnekleme pompası, siklon başlık, PVC filtre ve filtre kaseti	34
Resim 3.3 FTIR analiz cihazı	35
Resim 3.4 Ağır metal ölçümlerinde kullanılan deluxe tip pompa.....	36
Resim 3.5 Atomik Absorpsiyon Spektroskopisi cihazı.....	36
Resim 4.1 Ölçüm yapılan işyeri	54
Resim 4.2 Ölçüm yapılan işyeri	54
Resim 4.3 Maça kumu hazırlama	54
Resim 4.4 Klasik yöntem ile dökümü kumdan atırma	54

GRAFİK LİSTESİ

Grafik	Sayfa
Grafik 3.1 Üretim cinslerine göre dökümhanelerin dağılımı	29
Grafik 3.2 İşletme büyüklüklerine göre demir dökümhanelerinin dağılımı.....	29
Grafik 4.1 İşyerlerindeki solunabilir toz maruziyet değerleri	43
Grafik 4.2 İşyerlerindeki silis konsantrasyon değerleri.....	44
Grafik 4.3 Demir dökümhanelerindeki döküm ocaklarında ölçülen ağır metal sonuçları	51
Grafik 4.4 A işyerine ait ağır metal ölçüm değerleri.....	52
Grafik 4.5 B işyerine ait ağır metal ölçüm değerleri.....	52
Grafik 4.6 C işyerine ait ağır metal ölçüm değerleri.....	53
Grafik 4.7 D işyerine ait ağır metal ölçüm değerleri.....	53

SİMGELER ve KISALTMALAR

ACGIH	Ulusal Endüstriyel Hijyenistler Konferansı (American Conference of Governmental Industrial Hygienists)
CURS	Kronik Spesifik Olmayan Solunumsal Sendrom (Chronic Nonspecific Respiratory Syndrome)
ESD	Eşik Sınır Değer
FTIR	Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektrofotometre (Fourier Transform Infrared Spectroscopy)
HSE	İngiltere İş Sağlığı ve Güvenliği Kuruluşu (Health and Safety Executive)
İSGÜM	İş Sağlığı ve Güvenliği Araştırma ve Geliştirme Enstitüsü Başkanlığı
KKD	Kişisel Koruyucu Donanım
KOBİ	Küçük ve Orta Büyüklükteki İşletmeler
MDHS	Tehlikeli Maddelerin Belirlenmesi Yöntemleri (Methods for the Determination of Hazardous Substances)
NACE	(Nomenclature générale des Activités Economiques dans les Communautés Européennes)
NIOSH	Amerikan Ulusal İş Sağlığı ve Güvenliği Enstitüsü (The National Institute for Occupational Safety and Health)
TWA	Zaman Ağırlıklı Ortalama Değer (Time-weighted average)

1. GİRİŞ

Eski zamanlardan beri insanların yararlandığı bu teknik, zaman içerisinde ekonomik açıdan oldukça önemli bir değere sahip olan sektör haline gelmiştir. Bu sektör içerisinde en büyük paya sahip olan demir döküm sektörü ise dünyada olduğu gibi Türkiye’de de yüksek miktarda istihdam sağlamaktadır. Döküm ve özelinde demir döküm sektörünün günümüzde teknolojik gelişmelerin desteği ile üretim eğilimini giderek artırdığı göz önünde bulundurulduğunda bu alan araştırmacıların dikkatini çekmiş ve döküm sektörünün tarihinden, ekonomik faaliyetlerine, doğa ile olan ilişkisinden barındırdığı teknolojik yeniliklere kadar pek çok alanda çalışma yapılmıştır. Bu çalışma konularından birisi ise demir döküm sanayindeki iş sağlığı ve güvenliği araştırmalarıdır. Oldukça geniş ve kapsamlı bir alan olan dökümhanelerdeki iş sağlığı ve güvenliği konusu içerisinde kimyasal maruziyetlerin önemi de yadsınmamaktadır. Demir döküm sektöründe hammadde olarak kullanılan kum, silis içerdiğinden ve hurda ise ağır metallerden oluştuğundan bu hammaddelerin üretim süreçlerine katılması sırasında ortaya kimyasal maruziyetler çıkmaktadır. Bu maruziyetlerin azaltılması konusunda gerekli önlemlerin alınmadığı durumlarda ise çalışanların sağlık sorunları ile karşılaşmaları yüksek bir ihtimaldir. [1].

Yapılan bu tez çalışması ile araştırma kapsamında incelenen demir dökümhanelerindeki çalışanların üretim boyunca maruz kaldıkları kişisel toz ve silis maruziyet değerleri ile ağır metal maruziyetleri tespit edilmiştir. Elde edilen veriye göre dökümhaneler gerek birbirleri ile gerekse literatür ile karşılaştırılmış olup alınması gereken önlemler ortaya koymuştur. Analiz ve değerlendirmeler yapılırken, ilk önce incelenen sektörün durumu ve Türkiye’deki durumu hakkında genel bilgilere değinilmiş olup daha sonra ise üretim aşamaları hakkında bilgi verilmiştir. Ardından, tez çalışması kapsamında uygulanan gereç ve yöntemler açıklanıp toz ve silis ile ağır metal maruziyetleri incelenirken kullanılan metotlar hakkında bilgi verilmiştir.

Dördüncü bölümde yer alan bulgular bölümünde, solunabilir toz, silis ve ağır metallere ait analiz sonuçları gösterilmiş ve grafiklerle desteklenmiştir. Daha sonra gelen tartışma kısmında ise elde edilen sonuçlara göre işyerlerindeki toz, silis ve ağır metal maruziyetlerinin durumu hem birbirleri ile hem de literatür yardımı ile tartışılmıştır. Son olarak bu çalışma kapsamında incelenen toz, silis ve ağır metal maruziyetlerinin azaltılmasına yönelik çözüm önerilerine değinilmiştir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1 DÖKÜM SANAYİ

2.1.1 Döküm Nedir?

Döküm; eritilmiş sıvı metal veya alaşım çıkacak parçanın negatifi olan bir boşluğa dökülüp katılaştırılması ile istenilen şeklin elde edilmesidir. Metallerin sıvı haldeyken sahip oldukları şekil alma kabiliyetleri döküm tekniğini oluşturmaktadır. Döküm tekniği, metaller başta olmak üzere malzemeleri işlemek ve şekillendirmek için asırlardır kullanılan yöntemler içerisinde en önemlisinden birisidir [2, 3].

2.1.2 Döküm Teknolojisinin Tarihçesi

Metallerin işlenerek malzeme haline getirilmesi MÖ 6000 'den öncesine kadar dayanmaktadır. Özellikle doğada saf olarak bulunabilen altın ve gümüş gibi metallerin kolay şekil alabilmelerinden dolayı sadece tas, bardak ve kupa gibi basit eşyaların üretilmiş olup Bronz (Tunç) çağının ardından demirin işlenerek ürün haline getirildiği görülmektedir. Hititlerin çok sayıda demirden silaha sahip olduğu bilinmektedir. Bu sebeple, Hititler demir işçiliği ve sanatıyla uğraşan ilk uygarlık olarak kabul edilmektedir. Demirdöküm yönteminin milattan önce 300'lü yıllarda Çin'de gerçekleştirildiği tahmin edilmektedir. MÖ 800-500 yıllarına ait olduğu anlaşılan Avusturya'daki mezar kalıntılarından bronz ve demir eşyalarının bulunması ile o bölgenin bir demir merkezi olduğu ortaya çıkmıştır. Demir çağının Avrupa'ya klasik ticaret kanalı olan Balkanlar üzerinden Anadolu'dan çıkarak demir fırınları ve işçiliği ile beraber ulaştığı düşünülmektedir [4].

2.1.2.1 Günümüzde Dünya Döküm Sektörü

Amerikan Dökümcüler Derneği (AFS) tarafından hazırlanan ve her yıl Aralık ayında derneğin yayın organı Modern Casting’de yayınlanan Dünya Döküm Üretim Raporu’na göre 2014 yılında toplam üretim 103,6 milyon tonun üzerine çıkarak 2013 yılına göre yaklaşık olarak 2,38 milyon ton artış göstermiştir. Üretim anlamında dünyanın orta seviyelerinde bulunan Ukrayna (% 14,3), Türkiye (% 13,4) ve Tayvan (% 14) büyümelerini artırmaya devam ettirdikleri görülmüştür [5]. Rapora göre, Meksika, Ukrayna ve Türkiye toplam üretimde ilk 10 ülkeyi takip etmekte olup önümüzdeki birkaç yıl içinde ekonomik koşullara bağlı olarak bu üç ülkenin, Fransa ve İtalya gibi ülkelerin ilk on sıralamasındaki yerini tehdit edeceği ifade edilmiştir [5, 6].

Döküm sektörü, ana çıktısı olan döküm malzemenin yanı sıra diğer sektörlerle de dolaylı yoldan sağlamış olduğu hammadde temini ile çok daha büyük bir pazar payına sahip olmaktadır. Döküm endüstrisi pek çok yan ürün üretmekte olup, bunlar içerisinde en yüksek yüzdeye sahip olanı içerisinde silis ya da olivin kumu ile fenolik reçine ya da soğuk reçine bulunan atık döküm kumudur. Amerikan Çevre Ajansı’nın açıklamasına göre her sene yaklaşık 900.000 tonu geri dönüştürülmekte ve mühendislik uygulamalarında kullanılmaktadır [7]. Atık döküm kumu, imalat ürünleri üretimi (asfalt üretimi, beton ve beton ürünleri, seramik ve fayans üretimi, çimento katı maddesi, harçlar gibi), karayolu inşaatı uygulamaları (karayolu seddesi, bitümlü asfalt karışımlar, yol alt ve üst yapısında dolgu malzemesi) ve tarımsal uygulamalar (toprak iyileştiricisi, kompost, üretim toprağı, yüzey örtüsü) olmak üzere pek çok sektörde hammadde olarak kullanılabilir [8]. Türkiye’de 2011 yılındaki üretim miktarına göre, 1.433,050 ton döküm üretimi gerçekleştirilmiş olup proseslerden yaklaşık 450.000 ton atık ortaya çıkmıştır. Bu atık miktarının yaklaşık %65’i (292.500 ton) atık döküm kumu, %10’u cüruf, %15’i toz ve çamur ile %10’u ise refrakter, yağ, taş, boyadır [9]. Atık döküm kumunun hammadde olarak kullanılmasına örnek teşkil eden çalışmalardan en önemlileri aşağıda kısaca açıklanmaktadır.

Guney ve arkadaşları [10] 2010 yılında atık döküm kumunun yüksek dayanımlı beton malzemesi üretiminde kullanılabilirliğini araştırdıkları çalışmada, betondaki atık döküm kumu oranı arttıkça; taze betonda slump ve işlenebilirlik değerlerinde, sertleşmiş betonda ise basınç ve çekme dayanımı ve elastisite modülünde azalma olduğunu ancak %10'luk kullanımda betonun fiziksel ve mekanik özelliklerinin şahit beton ile benzerlik gösterdiğini belirtmişlerdir. Elde edilen sonuçların, Amerikan Beton Endustrisi (American Concrete Institute –ACI) tarafından belirlenen kabul edilebilir limit değerleri sağladığı belirtilmektedir. Ek olarak, atık döküm kumunun, karayolu seddelerinde, geçirimsiz perde yapımında, depo sahası örtüsü uygulamalarında, akışkan dolgu, bitümlü asfalt karışımı, Portland çimentosu ve harç üretiminde, karlı-buzlu yollarda kaymayı önlemede ve taş yünü ile fiberglas üretiminde kullanılabileceğini de belirtmişlerdir.

Siddique ve arkadaşlarının [11] 2009 yılında atık döküm kumunun betonun mekanik özelliklerine etkisini araştırdıkları çalışmada, ince agregaya yerine atık döküm kumundan %10, %20 ve %30 oranları ile hazırladıkları beton numunelerin basınç, çekme ve eğilme dayanımı ile elastisite modülünü farklı kür sürelerinde ölçmüşlerdir. Buna göre, atık döküm kumu eklendikçe ve kür süresi arttıkça beton karışımlarındaki mekanik özelliklerin artış gösterdiğini ve atık döküm kumunun kaliteli beton ve inşaat malzemeleri üretiminde kullanımının uygunluğunu ortaya koymuşlardır.

2.1.3 Türk Döküm Sektörü

Türk dökümü, Anadolu'daki Türk Uygarlıkları ile başlamış olup 15. yüzyıldan sonra Osmanlı Devleti'ndeki tek büyük dökümhane olan Tophane'nin kuruluşu ile gelişim göstermiştir. Cumhuriyet dönemine gelindiğinde 1932 yılında Kırıkkale'de askeri fabrikalarda (günümüzdeki Makine Kimya Endüstrisi) çelik ve demir döküm üretimi gerçekleştirilmeye başlanmıştır. 1963 yılında planlı kalkınma dönemine geçildiğinde ise demir ve çelik dökümün ekonomideki yerinin arttığı görülmüş olup 1976 yılında Demir ve Çelik Döküm Sanayicileri Derneği sonradan Türkiye Döküm Sanayicileri Derneği ile bir dernek çatısı altında üreticiler birleşmiştir. 1980 yılından sonra ise ihracata dönük bir sanayi yapısı içerisinde döküm sektörü de yeniden yapılanmaya dönük şekilde organize olmaya başlamış ve günümüzde de artan ivme ile üretimine devam eden bir sektör haline gelmiştir [12].

2.1.3.1 Türkiye'nin Dünya Döküm Sektöründeki Yeri

Tablo 2.1'de gösterildiği gibi Amerikan Dökümcüler Derneği (AFS)'nin Modern Casting'de yayınlanan Dünya Döküm Üretim Raporu'na göre 2013 yılında dünya döküm üretiminde Türkiye 12. Sırada bulunmaktadır. Buna göre Türkiye, demir çelik döküm üretiminde ilk 10 ülke arasında bulunurken; demir dışı döküm üretiminde is 14. sırada yer almıştır [5].

Tablo 2.1 Demir ve demir dışı döküm üretimlere ait ülke sıralamaları [5]

Sıralama	Demir Grubu Ülke Sıralaması	Demir dışı Grubu Ülke Sıralaması
1	Çin	Çin
2	Amerika Birleşik Devletleri	Amerika Birleşik Devletleri
3	Hindistan	Japonya
4	Almanya	Almanya
5	Japonya	Hindistan
6	Rusya	İtalya
7	Brezilya	Meksika
8	Güney Kore	Güney Kore
9	Fransa	Rusya
10	Türkiye	Ukrayna
11	İtalya	Polonya
12	Ukrayna	Tayvan
13	İspanya	Fransa
14	Polonya	Türkiye

Buna ek olarak Avrupa Dökümcüler Derneği'nin (CAEF) 2013 yılı raporuna göre Avrupa Bölgesinde; Almanya, Fransa, Türkiye, İtalya, İspanya ve Polonya olmak üzere altı ülke demir döküm üretiminin % 85,5'ini karşılamıştır. Avrupa'daki ilk 5 döküm ülkesi demir grubu üretim miktarları içerisinde Türkiye 3. sırada yer almaktadır. Ek olarak Türkiye, demir dışı dökümde ise 5. sırada yer bulunmaktadır [13].

2.1.3.2 Döküm Sektörünün Türk Ekonomisindeki Yeri

Döküm sektöründe, döküm faaliyeti gösteren toplam 1388 firmanın 1380'i özel sektör, 8 tanesi ise kamu ve askeri kuruluştan oluşmaktadır. Sektörde çok farklı teknik ve ticari özellikte işletmeler bulunmaktadır. 2012 yılında, Tablo 2.2'de de gösterildiği gibi demir - çelik döküm sanayinde 1032 kuruluş, demir dışı döküm sektöründe ise 35 kuruluş faaliyet göstermektedir [14].

Tablo 2.2 Döküm sektöründe faal kuruluş sayıları - 2013 Mart [14]

Üretim Cinsi	Özel Sektör			Kamu & Askeri Tesisler	Toplam Kuruluş Sayısı
	Büyük	KOBİ	Mikro		
Pik/Sfero/Temper Döküm	28	399	410	4	837
Çelik Döküm	17	137	41	2	195
Alüminyum	21	42	107	1	171
Zambak	4	21	136		161
Bakır Alaşımları	2	6	9	1	18
Toplam	72	605	703	8	1388

2.1.3.3 İstihdam Düzeyi ve Niteliği

Döküm sanayi, 2012 yılında yaklaşık 33.000 kişiye istihdam oluşturmuştur. Tablo 2.3'te görülebileceği gibi, sektördeki üretim artışına bağlı olarak istihdam da yükselmiştir [14].

Tablo 2.3 Döküm sektöründe istihdam [14]

İşgücü	Kişi Sayısı
Yüksek Öğrenim	
Teknik	3200
İdari	2200
Orta Öğrenim	
Teknik	6000
Memur	2300
Mavi Yaka-İşçi	
Kalifiye	13000
Düz	6300
Toplam	33000

2.1.3.4 Dökümhanelerin Bölgesel Dağılımı

2011 yılında başlayan Türk Döküm Envanter Projesi kapsamında gerçekleştirilen çalışmaya göre, 2012 yılı sonu itibarıyla 1388 adet döküm işletmesinin var olduğu belirlenmiştir. Demir dökümhanelerinin coğrafi dağılımlarına bakıldığında özel sektöre ait işletmelerin büyük kısmının İstanbul, Ankara, İzmir, Kocaeli, Bursa, Eskişehir, Bilecik ve Samsun çevrelerinde bulunduğu görülmektedir. Küçük atölyeler ise başta İstanbul, Konya, Ankara, Bursa, Eskişehir ve Gaziantep olmak üzere hemen hemen tüm Türkiye'ye dağılmış durumdadır [14]. Demir dökümhanelerinin coğrafi bölgelere dağılımını gösteren Tablo 2.4 aşağıda gösterilmektedir.

Tablo 2.4 Dökümhanelerin coğrafi dağılımı [14]

Coğrafi Bölge	Demir Dökümhane Sayısı	Toplamdaki Payı (%)
İç Anadolu Bölgesi	292	42,63
Marmara Bölgesi	186	27,15
Ege Bölgesi	91	13,28
Akdeniz Bölgesi	57	8,32
Güney Doğu Anadolu Bölgesi	28	4,09
Karadeniz Bölgesi	28	4,09
Doğu Anadolu Bölgesi	3	0,44
	685	

2.1.4 Döküm Üretim Yöntemleri ve Teknolojisi

Döküm üretim yöntemleri, endüksiyon, elektrik ark ya da kupol ocaklarında, çeşitli pik demirleri, metal hurdaları ve ferro alaşımların ergitilerek, hazırlanmış kum, seramik ya da metal kalıplar içerisinde şekillendirilmesini ve talep doğrultusunda çeşitli ısı işlemlerden geçirilerek pik döküm, çelik döküm, sfero döküm ya da temper döküm türünde ürünlerin elde edilmesini kapsamaktadır. Döküm tekniği, metal ya da metal alaşımlarının ergitildikten sonra termal geçirimsizliği olan bir kalıbın içine dökülmesi suretiyle soğutularak katılaştırılması ve istenilen parçaların imal edilmesine dayanmaktadır [15].

Döküm üretim yöntemleri çeşitlilik gösterdiğinden, Avrupa Birliği'nde ekonomik faaliyetlerin istatistiksel olarak sınıflandırılmasını sağlayan bir sistem olan NACE (Nomenclature générale des Activités Economiques dans les Communautés Européennes) NACE Rev. 2'de tüm metallerin dökümünü Kod 24 ile sınıflandırılmış olup kendi içerisinde bölümlere ayrılmıştır. ISIC Rev.4 ile NACE Rev.2'e ait Tablo 2.5 aşağıda gösterilmektedir. Ek olarak döküm sektörü, İş Sağlığı ve Güvenliğine İlişkin Tehlike Sınıfları Listesi Tebliği'ne göre çok tehlikeli sınıfta yer almaktadır.

Tablo 2.5 ISIC Rev. 4 ve NACE Rev.2 döküm sanayi kodları [16]

ISIC Rev. 4	Nace Rev. 2	Açıklama
	C	Üretim
	24	Ana metallerin üretimi
243	24.5	Metallerin dökümü
2431	24.51.00	Demir dökümü
	24.51.13	Demir döküm (yarı mamul demir ürünlerin dökümü, gri demir dökümü, küresel grafit demir dökümü, dövülebilir dökme demir ürünleri dökümü, tüpler, borular ve içi boş profiller ile dökme demirden tüp ve borular ile bunların bağlantı parçalarının imalatı)
	24.52.00	Çelik dökümü
2432	24.53.01	Hafif metallerin dökümü
	24.53.99	Bu sınıfın kapsamı: - alüminyum, magnezyum, titanyum, çinko vb malzemelerden dökülen yarı mamülleri - hafif metallerin dökümü
	24.54	Diğer demir dışı metallerin dökümü Bu sınıfın kapsamı: - ağır metallerin dökümü (bakır ve alaşımları vb) - değerli metallerin dökümü - demir dışı metallerin kokil kalıba dökümü

Döküm sektörü gerek dünyada gerekse Türkiye’de önemli ekonomik büyüklüğe sahip bir sektör olmasına rağmen üstünlüklerinin yanı sıra zayıf yönleri de içerisinde barındırmaktadır. Karmaşık parça geometrilerinin kolaylıkla oluşturulabilmesi, çok büyük ve çok küçük parçaların üretilmesi, bazı döküm yöntemlerinin seri üretime uygun olması ile hemen tüm metallerin dökümde kullanılabilmesi gibi durumlar dökümün yararlarıdır. Ancak; çok ince kesitlerin elde edilmesinin oldukça zor olması, sıcak erimiş metallerin ve üretim sırasında ortaya çıkan toz nedeniyle çalışanlara iş sağlığı ve güvenliği sorunları yaşatması ile çevre sorunlarına sebep olması ise olumsuz yönleridir [17].

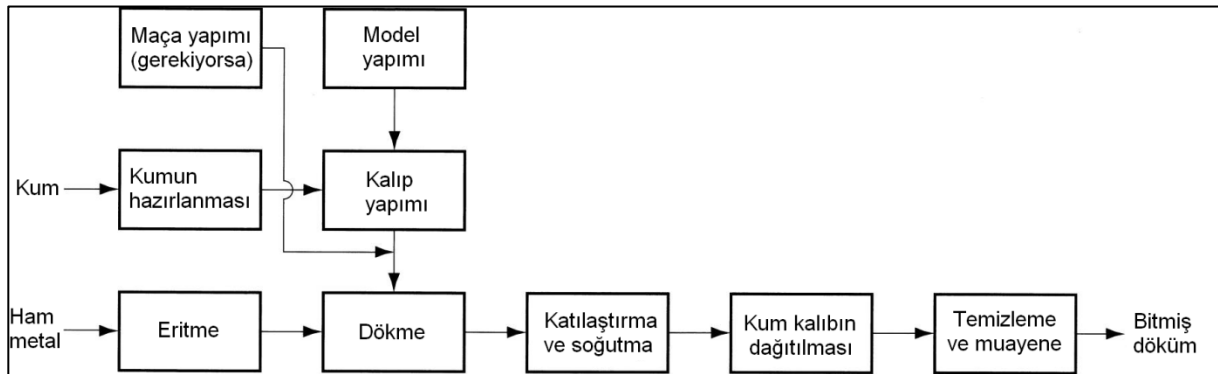
2.1.5 Döküm İmalat Süreci

Metal dökümü, ergitilmiş metalin veya metal alaşımın istenilen parçanın kalıbına dökülmesi işlemleri bütünüdür. Dökümcülük; metalleri işlemek ve şekillendirmek konusunda yüzyıllardır kullanılan, en önemli endüstri dallarından birisidir. Gündelik hayatın her aşamasında; kuyumculuktan, ağır sanayi tezgâhlarına, tarım makinelerinden gemi makinelerine kadar çok değişik alanlarda döküm yöntemi ile üretilen malzemeler kullanılmaktadır. Birçok sanayi işletmesinde dökümhaneler bulunmaktadır [3].

- I. Elde edilmek istenen parçanın modelinin yapılması,
- II. Modele uygun şekilde maça ve kalıp yapılması,
- III. Metalin ergitilmesi ve kalıp içine dökülmesi,
- IV. Döküm üzerinden kalıp ve maçaların ayrılması,
- V. Bitmiş döküm üzerinden fazlalıkların alınması,
- VI. Kaynak, boya ve kontrol işlemleridir.

Dökme alaşımları demir esaslı ve demir dışı olarak sınıflandırılmakta olup dökme demir, çelik, demir esaslı döküm alaşımlarından oluşmaktadır. Demir dışı döküm alaşımları ise alüminyum, bakır alaşımları, çinko alaşımları, nikel alaşımları, magnezyum alaşımları ve diğer alaşımlardır (kurşun, kalay, kobalt). Demir dışı döküm alaşımlarının erime sıcaklığı ($660^{\circ}\text{C} - 419^{\circ}\text{C}$) demir döküm alaşımlarına göre ($1400^{\circ}\text{C} - 1650^{\circ}\text{C}$) daha düşüktür [18].

Bu araştırmanın kapsamında demir dökümü yapılan dökümhaneler incelenmiştir. Bir dökümhane, maça, kalıplama, ergitme, döküm ve temizleme bölümlerinden meydana gelmekte olup prosesin genel iş akış şeması Şekil 2.1’de verilmiştir [19].



Şekil 2.1 Kum dökümdeki işlem sırası aşamaları [19]

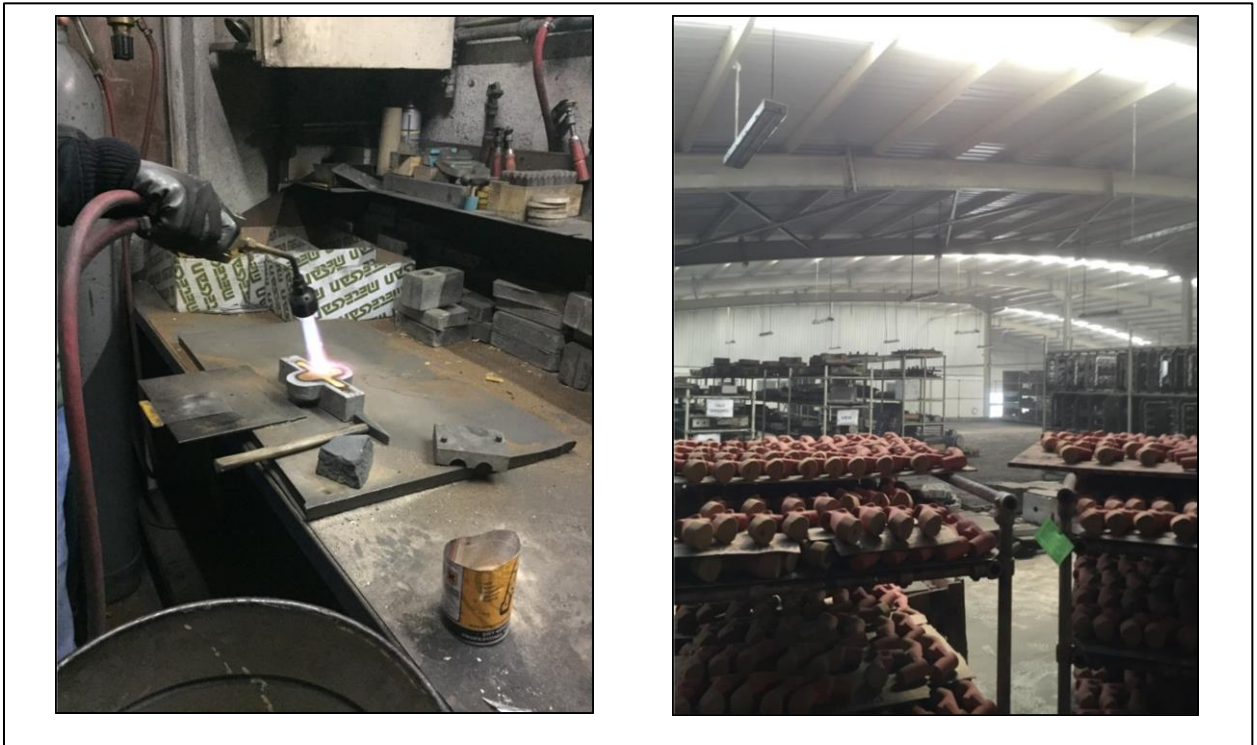
Döküm işleminde ilk önce şekil alacak olan dökümün modeli yapılmaktadır. Bu işlem gerek dökümhanenin kendi içerisinde yapılabilmekte gerekse dışarıdan temin edilebilmektedir.

2.1.5.1 Model Yapımı

Dökülecek malzemenin katılaşma prensiplerine göre çekme ve işleme payları düşünülerek modeller yapılır. Metal, tahta, alçı, plastik, balmumu başlıca model malzemeleridir.

2.1.5.2 Maça Yapımı

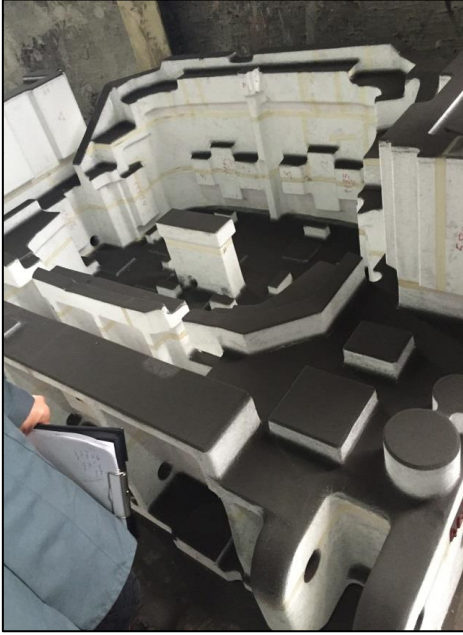
Maça, kalıp boşluklarına konulan ve kapladıkları kısımların dökümün ardından boş çıkmasını sağlayan şekillere denilmektedir. En çok tercih edilen ve kullanılan maça kum esaslı olanlardır. Maça kumu olarak; silis kumu (SiO_2), kromit kumu (FeCr_2O_4), olivin kumu ($(\text{Mg, Fe})_2 [\text{SiO}_4]$) ve zirkon kumu (ZrSiO_4) kullanılmaktadır [20]. Resim 2.1’de maça yapımı gösterilmektedir.



Resim 2.1 Maça yapımı

2.1.5.3 Kalıplama İşlemi

Döküm parçasının dışını oluşturan (üretilecek parçanın negatifi) kum kütlelerine kalıp denilmektedir. Kalıp kumu olarak %99 silis kumu (SiO_2) kullanılmakta olup doğada kuvarz şeklinde bulunmaktadır. Kalıplama işleminde silis kumunun kalıp şeklini muhafaza etmesi için bentonit kullanılmaktadır. Kalıplar, döküm sonrası kolay bozulabilme özelliğine sahiptir [21]. Resim 2.2 ve Resim 2.3'te sırası ile kalıp ve kalıptan çıkarılmış döküm gösterilmektedir.



Resim 2.2 Hazırlanan kalıp



Resim 2.3 Kalıptan çıkmış döküm

2.1.5.4 Ergitme İşlemi

Döküm sanayinde üretimin ilk aşamasını oluşturan ergitme prosesi dökme demirlerin katı fazdan sıvı faza geçmesi için kullanılmaktadır. Demir ergitmede sıvı metal ergitimi için endüksiyon, ark veya kupol ocakları kullanılmaktadır [19]. Resim 2.4 ve Resim 2.5'te döküm pota örnekleri gösterilmektedir.



Resim 2.4 Potalı ocak [22]



Resim 2.5 Döküm potası

2.1.5.5 Döküm İşlemi

Döküm tekniği, metal veya alaşımlarının, eritildikten sonra kalıpların doldurulup katılaştırılması ve üretimin elde edilmesi işlemidir. Döküm öncesinde metal eritilmekte ve döküm sıcaklığına çıkarılmaktadır. Ardından, metal soğumaya bırakılmakta sıcaklık belli bir değere düştüğü zaman katılaşma başlamakta ve katılaşma tamamlandığında ise sıcak olan parça oda sıcaklığına gelinceye kadar soğutulmaktadır [23]. Resim 2.6 ve Resim 2.7’de döküm işlemine örnek gösterilmektedir.



Resim 2.6 Döküm işlemi



Resim 2.7 Döküm işlemi

2.1.5.6 Temizleme İşlemi

Döküm parçasının temizlenmesi temizleme atölyelerinde tamamlanmaktadır. Temizleme süreci, kalıp kumunun ve maça kalıntılarının temizlenmesi, yolluk ve besleyicilerin ayrılması ile çapakların taşlanması aşamalarından oluşmaktadır. Bu kısımda parçalar önce kum maça artıklarından ayrılmasını sağlayan, çelik kumun parça üzerine savrulduğu ve çelik bilya püskürten kumlama adı verilen temizleme makinelerinden geçirilmektedir. Ardından kumlamadan çıkan döküm, CNC taşlama makinelerinde ya da el işçiliği ile zımpara taşları kullanılarak parça çapaklardan arındırılmaktadır. Daha sonra son bir kez çelik kumlama makinesinden geçirilmektedir. Temizleme işlemlerinin ardından, döküm sırasında oluşabilen hatalar kaynak yardımı ile giderilmekte ardından ise *boyama ve kontrol işlemleri* ile süreç tamamlanmaktadır [24]. Resim 2.8, 2.9, 2.10 ve 2.11’de sırası ile kumlama bilyası, kumlama makinası, çapakhane ve otomatik taşlamaya ait fotoğraflar bulunmaktadır.



Resim 2.8 Kumlamada kullanılan çelik bilya



Resim 2.9 Çelik kumlama makinesi



Resim 2.10 Çapakların temizlenmesi



Resim 2.11 Otomatik taşlama

2.1.6 Demir Dökümhanelerinde Kullanılan Ana Girdiler

Demir dökümhanelerinde gerek kimyasal yapı gerekse de işlem olarak farklılık gösteren döküm faaliyetleri yürütülmektedir. Aşağıdaki bölümde ise kısaca demir dökümhanelerinde kullanılan malzemeler açıklanmaya çalışılmaktadır.

2.1.6.1 Pik Demir – Dökme Demir

Karbon oranı %4 oranında olan demire pik demir denilmektedir. Ancak çalışılan hammaddenin bileşimine ve çalışma koşullarına bağlı olarak pik demirin kimyasal yapısı aşağıdaki Tablo 2.6’da gösterilen aralıklarda değişebilmektedir [25].

Tablo 2.6 Pik demirin kimyasal yapısı [25]

% Fe	%Cu	%Mn	%Si	%S	%P
90 – 95	3,5 – 4,5	0,5 – 0,8	0,7 – 3,5	0,02 – 0,12	0,10 – 0,90

Dökme demir ise birçok döküm piki ve hurdanın harmanlanıp eritilmesi sonucunda elde edilmekte olup saf olan bir demir tür değildir. Bir diğer ifade ile dökme demir ortalama %1,7'den fazla (%2 - %4,5 arası) karbonu bünyesinde bulunduran bir demir - karbon alaşımını ifade etmektedir. Bunun yanı sıra alaşım içerisinde az miktarda mangan, fosfor ve kükürt ve %3,5'e kadar da silisyum da bulunmaktadır [20].

2.1.6.2 Döküm Kumu ve Maça Kumu

Dökümün ana malzemelerinden birisi olan döküm kumunun Türkiye'de kullanılanlarına ilişkin bilgi aşağıdaki Tablo 2.7'de gösterilmektedir [26]. Resim 2.12'de döküm kumu örneği ve Resim 2.13'de ise maça kumu gösterilmektedir. Zirkon kumunun ısı iletkenliği ve yoğunluğu silisten yaklaşık iki kat daha fazladır. Benzer şekilde olivin kumu Avrupa Birliği ülkeleri başta olmak üzere diğer ülkelerde de kullanılmaktadır. Amerika Birleşik Devletleri'nde dökümde kullanılan geleneksel bir kum olan olivin kumunun halihazırda kullanılmamasının sebebi ise rezervlerin bitmesidir. Ancak, Türkiye olivin potansiyeli oldukça yüksek bir ülkedir.

Tablo 2.7 Dökümde kullanılan kumların kimyasal içeriği [26]

Kum	SiO ₂ (%)	AlO ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	MgO (%)	Na ₂ O (%)	Yanma Kaybı	Hesaplanamayanlar
Çorlu	82,54	1,68	0,30	2,36	4,20	0,11	8,05	0,73
Erdek	91,26	3,65	0,21	0,35	0,23	0,18	0,32	3,80
Gönen	91,17	1,35	0,23	0,33	0,27	0,19	0,45	0,01
Küçükköy	92,02	1,46	0,14	0,22	0,32	0,05	0,37	0,42
Podima	96,16	1,23	0,18	0,16	0,34	0,10	0,94	0,89
Şile	94,20	3,22	0,16	0,13	0,12	0,04	0,27	1,86
Zonguldak	93,58	3,36	0,26	0,17	0,18	0,28	0,54	1,63



Resim 2.12 Döküm kumu



Resim 2.13 Maça kumu

Maça yapımında çoğunlukla kuvars kumu (silis) kullanılmaktadır. Aşağıdaki Tablo 2.8’de genel olarak kullanılmakta olan kumlar gösterilmektedir [27].

Tablo 2.8 Maça kumu karışımlarında kullanılan malzemelerin özellikleri [27]

Özellik	Kuartz Kum	Zirkon Kum	Olivin Kum	Karbon	Şamot
Özgül Kütle (gr/cm ³)	2,65	4,6 – 4,7	3,25 – 3,40	-	2,50 – 2,70
Erime Derecesi (°C)	1720	1900 - 2550	1760 - 1900	3540	1705 - 1760
Özgül Isı (cal/gr)	0,275	0,131	0,22 – 0,33	-	0,25
Kimyasal Bileşeni	SiO ₂	SrSiO ₄	%95: Mg ₂ SiO ₄ %5: Fe ₂ SiO ₄	C	Al ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₄

2.2 DEMİR DÖKÜM SANAYİSİNDEKİ ZARARLI KİMYASAL ETMENLER

Döküm sanayisinde çalışanlar gerek kimyasal gerekse fiziksel pek çok etmene maruz kalmaktadırlar. Bu zararlı etmenler kısaca belirtilecek olunursa; toz, gürültü, aydınlatma, termal konfor şartlarındaki olumsuzluklar, titreşim, ağır metal, gazlar ve çözücülerdir. Bu çalışmanın kapsamını ise döküm sanayisinde maruziyetin gözlemlendiği başlıca etmenlerden olan toz, silis ve ağır metal maruziyeti oluşturmaktadır.

2.2.1 Demir Dökümhanelerinde Toz Maruziyeti ve Tozun Sağlık Etkileri

Dökümhanelerde çalışanların maruz kalabilecekleri olumsuz faktörlerden birisi tozdur [28]. Havada asılı durumda bulunan katı parçacıkların genel adına toz denilmektedir. Tozun parçacık büyüklüğü değişkenlik göstermekle birlikte, genellikle 0,1 µm'den büyük çaplı parçacıklarla, öğütme, kırma ve bir etki ile mekanik olarak oluşan, katı partiküller olarak anlaşılmaktadır. İnsan sağlığı bakımından önemli olan boyutlar ise 0,5-100 µm arasındaki büyüklüklerdir. Daha büyük olan parçacıklar solunum yoluna girememektedir [29].

Tozlar, fiziksel ve kimyasal özelliklerine ile biyolojik davranışlarına göre sınıflandırılmaktadırlar. İnsan sağlığı açısından tozun büyüklüğü, kimyasal bileşimi, yüzey şekilleri, çökme hızı gibi özelliklerinin öneminin yanında bir diğer önemli özelliği de tozun biyolojik davranışı olmaktadır. Tüm bu bilgiler ışığında tozlar biyolojik etkilerine göre; inert tozlar (baryum tozu vs), toksik tozlar (krom, kurşun, nikel, kadmiyum gibi ağır metal tozları), fibrojenik tozlar (silikoz ve asbestoz gibi rahatsızlıklara neden olan lif içeriği yüksek tozlar), kansorejen tozlar (asbest, krom, nikel, kadmiyum tozları), allerjen tozlar (keten- kenevir tozu, şeker kamışı tozu, pamuk tozu gibi) olarak; kimyasal etkilerine göre ise organik tozlar (pamuk tozu, mantar sporu, kümes hayvanı tüyü vs) ve inorganik tozlar (kömür, kum, asbest, demir vs) olarak sınıflandırılmaktadır [29].

Tüm bunlara ek olarak ise, insan sağığı bakımından tozun daha önce bahsedilen özelliklerinin yanında tozun parçacık büyüklüğü de önem taşımaktadır. Büyüklüğü 100 µm'den daha az olan tozlar akciğerlere ulaşabilmektedir. Solunum yoluna girebilen tozlara teneffüs edilebilen (inhalable) toz adı verilmektedir. Solunum yollarına giren tozların alveollere (akciğerlerde bulunan oksijen kesecikleri) kadar ulaşan türü 10 µm'nin altında olan türlerinden oluşmakta olup bu tozlara solunabilir (respirable) toz denilmektedir. Partikül büyüklüğü 5 µm ve daha ufak olan tozlar ise alveollere ulaşmaktadır. Akciğerlerde hastalık meydana gelmesi bakımından en büyük tehlikeyi ise 0,5 ile 5µm arasında olan tozlar oluşturmaktadır [29].

Tozdan kaynaklı hastalıkların nerede gelişeceği ve hastalığın türü; parçacığın boyutuna, solunan maddenin cinsine ve solunum yollarında veya akciğerlerde nereye kadar gittiğine bağlı olarak değişmektedir. Maruziyetin etkileri üst solunum yollarının irritasyonu ile kronik iltihaplanmadan, pnömokonyozdan akciğer kanserine kadar değişiklik göstermektedir. Bazı olgularda daha büyük parçacıklar burunda ya da geniş hava yollarında tutulabilmektedir. Ancak daha küçük parçacıklar akciğerlere kadar ulaşmaktadır. Bu parçacıklar bazen çözünerek kana da karışabilmektedir. Çözünemeyen daha büyük boyuttaki parçacıklar genellikle vücudun doğal savunma mekanizmaları tarafından dışarı atılmaktadır. Vücudun solunum yoluyla içine alınan parçacıklardan kurtulmak için kullandığı çok çeşitli yollar bulunmaktadır. Solunum yolundaki mukus parçacığı partikülleri kaplayarak öksürükle dışarı atılmasını kolaylaştırmaktadır Parçacıklar akciğerlere ulaştığı zaman, akciğerlerde bulunan özel süpürücü hücreler ile kaplanmakta ve zararsız hale getirilmektedir. Solunan parçacıklar, hangi maddeden yapıldıklarına bağlı olarak vücutta farklı tepkiler doğurmaktadır [30].

Demir dökümhanelerinde çalışanların en fazla karşı karşıya kaldıkları toz türü silis tozudur (kristal kuvars). Döküm iş kolunda kullanılan hammaddeler silisyum içerdiğinden tozlara bağlı olarak meydana gelen mesleki akciğer hastalıklarına oldukça sık görülmektedir. Bu hastalıklar arasında en çok karşılaşılanı silis tozunun akciğerde depolanmasına bağlı olarak meydana gelen silikozisdir. Öte yandan akciğerlerde toz depolanması ve fibrosiz ile seyreden hastalığa genel olarak pnömokonyoz adı verilmektedir [30].

Silikozis, yıllar boyu silika tozu soluyan insanlarda gelişen ve bilinen en eski meslek kaynaklı bir akciğer hastalığıdır. Silikozis; kuvars, kristobalit veya tridimit halinde bulunan kristalin silisyum dioksit içerikli ince, solunabilir tozun (çapı 10 µm' den küçük) akciğerlerde birikmesi sonucunda ortaya çıkmaktadır [30].

Ünlü ve arkadaşları [31] 2014 yılında yapmış oldukları döküm sektöründeki silikozis konulu çalışmalarında silikozisin tam mekanizmasının bilinmemekte olduğunu ve bu konu hakkında farklı teorilerin bulunduğunu belirtmiştir. Buna göre, yaygın görüş bir bronşçuk makrofajının (savunma hücresi) silika partikülünü içine aldığı ve protein parçalayıcı enzimler bırakarak öldüğüdür. Daha sonrasında silika partikülü, bir diğer makrofaj (savunma hücresi) tarafından yutulmakta ve döngü bu şekilde devam etmektedir. Bununla birlikte çalışmada işleyişin; interlökin 1 (lenfosit kan hücresi fonksiyonunun düzenlenmesinde önemli olan sitokin (bağışıklık sistemi hücrelerini düzenleyen küçük proteinler) grubu protein, lökotriyen B-4 (aktif lipidler) ve tümör nekroz (doku ölümü) faktörü gibi fibrojenik faktörler ile ilgili daha karmaşık olabileceği ifade edilmektedir. Çalışmada, belirtilen bir diğer teori ise, bronş makrofajlarının silika tanelerinin yutulmasıyla aktive olması ancak ölmemesidir. Silikaya maruz kalan hastalardan alınmış bronş lavaj sıvısının taramalı elektron mikroskobu ile incelemesi sonucunda, toz içeren makrofajlardaki aktivasyonun (kabartı ve mikro çubuk oluşumunun) morfolojik belirtiler gösterdiği rapor edildiği belirtilmiştir. Çalışmada, bronşçuk makrofajların aktivasyonuna, kollajenaz (kollajen proteinini katalize eden enzim) üretimine ve ardından parenkim (dokusal) akciğer hasarı ile sonuçlanabileceği açıklanmıştır [31].

Silikoz hastalık semptomlarının ortaya çıkması için uzun yıllar etkileşim olması gerektiği bilinmektedir. Silikoz gelişmeden önceki silikojenik toz maruziyetinin süresi 15 yıl ya da daha fazladır. Ancak, yoğun toz maruziyetinin olduğu döküm sanayinde kısa bir süre içerisinde de semptomlar görülebilmektedir. Semptomlar, öksürük ve nefes darlığına yol açan bronşit hastalığının ilk belirtileri olabilmektedir. Takip eden süre içinde nefes darlığı kötüleşebilir ve akciğerlerdeki hasar nedeniyle kalp üzerindeki baskı artacağından bu hastalık kalp yetmezliğine neden olabilmektedir. Solunabilir kristal yapıda silikaya ağır ve uzun süreli maruziyet akciğer kanserine sebep olmaktadır. Çalışan kişi silikoz olduğunda akciğer kanseri riski de artmaktadır [32, 33]. Silikozisin kesin bir tedavisi bulunmamakla birlikte eğer hastalığın ilk evrelerinde silika solunumu durdurulursa hastalığın ilerlemesi de engellenebilmektedir [30].

Kuvars tozu akciğerde yapısal ve fonksiyonel değişikliklere neden olduğundan akciğer tüberkülozu dışında Kronik Spesifik Olmayan Solunumsal Sendrom (CURS) görülmektedir. CURS; kronik bronşit, özgün olmayan solunum yolu hastalıkları, pulmoner amfizem (akciğerlerdeki hava keseciklerinin (alveol) gerilip genişlemesi) ve bunların kombinasyonunu tanımlamaktadır [32].

İş Sağlığı ve Güvenliği Araştırma ve Geliştirme Enstitüsü Başkanlığı eski adı ile İş Sağlığı ve Güvenliği Enstitüsü Müdürlüğü (İSGÜM) Ankara Merkez Laboratuvarı İş Hijyeni ve İş Sağlığı Bölümleri tarafından [28] 1990 tarihinde Ankara, Denizli ve Eskişehir’de bulunan 6 pik dökümhanesinde çalışan 484 işçi üzerinde yapılan çalışmaya göre; akciğer fonksiyon testi ile toz konsantrasyonlarının zararlılık dereceleri karşılaştırılmıştır. Bu çalışmaya göre, tehlikesiz bölümde çalışanların %10,7’sinde etkilenme bulunurken tehlikeli bölümde çalışanların ise % 35,3’ünde etkilenme gözlemlenmiştir.

Yukarıdaki çalışmaya ek olarak, Amerika Birleşik Devletleri’nde [34] 1996 yılında 575’i çalışan ve 497’si emekli 1072 demir döküm işçisi üzerinde yapmış oldukları çalışmada, çalışanların 28’inin (%2,9) silikozis olduğunu ifade etmişlerdir. Silikozis olan çalışanların yarısından fazlası ise emekli olanlarda gözlemlenmiştir. Silikozis yaygınlığının kuvars maruziyeti ile pozitif olarak orantılı olduğu ifade edilmiştir. Buna göre, demir dökümhane çalışanlarının % 6,3’ünün ortalama silika/kuvars maruziyeti 0.45 mg/m^3 olup silikozis hastalığına sahiplerdir. Ek olarak, silikoz hastalığı yaygınlığının dökümhanede çalışılan sürenin artması, birikmiş silika maruziyeti, dökümhanenin ortam şartlarının kötülüğü ile de doğru orantılı olduğu ifade edilmiştir.

2.2.2 Demir Dökümhanelerinde Ağır Metal Maruziyeti ve Ağır Metalin Sağlık Etkileri

Dökümhanelerde bir diğer maruziyet kaynağı ise yukarıda da ifade edildiği gibi ağır metallere kaynaklanmaktadır. Metal tozu, metalin ergitilmesi ve dökümün temizlenmesi sırasında ortaya çıkmaktadır. Metal dumanı, katı olan metalin ergitilmesi ve dökülmesi sırasında buharlaşması, ardından buharlaşan metalin oksitlenmesi ve oksidin yoğunlaşması ile solunması sonucu insan bedenine ulaşmaktadır. Oksitlenen metallerin solunması vücutta “metal dumanı ateşi” isimli semptomları gribe benzer (ateş, terleme, halsizlik, kas ağrıları, boğaz kuruluğu, baş ağrısı, nefes darlığı) görülür [35]. Bu belirtiler, hafta içinde tekrarlanan maruziyet sonucunda giderek artar ve hafta sonu tatili sırasında azalır, maruziyet sonlandığında ise tamamen düzelme görülür. bir hastalığa sebep olmaktadır [36]. Demir dökümhanelerinde açığa çıkan demir dumanı, akciğer kanserine ve astıma sebep olabilmektedir [37].

Dökümhanelerde yapılacak dökümün cinsine göre döküm içerisinde kullanılan malzeme de değişiklik göstermektedir. Bir diğer ifade ile ağır metal maruziyetlerinde her seferinde aynı tür metal maruziyeti görülebileceği gibi birbirinden farklı ağır metal dumanı da gözlemlenebilmektedir. Ağır metal maruziyeti kaynaklı hastalıklar ise maruz kalınan metalin cinsine göre değişiklik göstermektedir. Demir oksit olarak vücuda alınan demir (Fe), bütün demir çelik proseslerindeki en önemli hammaddedir. Akciğerde toplanan iyi huylu bir akciğer hastalığı olan sideroza ve burun ile akciğer irritasyonuna sebebiyet vermektedir. Kadmiyum oksit olarak vücuda alınan kadmiyum (Cd) oldukça yaygın bir kullanım alanına sahip olup alaşımlarda kullanılmaktadır. Sağlık etkileri ise, metal dumanı ateşi, nefropati ve akciğer sorunlarıdır. Metalürji ve kimya sektörünün önemli girdisinden olan krom (Cr) elementi dökümcülükte de önemli bir yere sahiptir. Akciğerde depolanmakta olup krom kaynaklı ülser, alerjik dermatite, astıma ve konjunktivite sebep olmaktadır. Demir içeren alaşımların sertleştirilmesinde kullanılan manganez (Mn) absorbe edilir edilmez kolayca kana karışmaktadır. Metal dumanı ateşi, kimyasal pnömoni ve manganez rahatsızlığı sebep olduğu belli başlı hastalıklardır. Dökümde kullanılan bir diğer element olan nikel (Ni) esas olarak paslanmaz çelik üretiminde kullanılsa da demir döküm alaşımları içerisinde de bulunmaktadır. Nikel alaşımlarında kaynakçılar buhar, toz ve dumana maruz kalmaktadırlar. Alerjik kontak dermatit, nikel kaşıntısı, metal dumanı ateşi, nikel astımı, nikel karbonil inhalasyonu gibi rahatsızlıklar maruziyet sonucu ortaya çıkabilmektedir [38].

Pek çok alaşımın içerisinde bulunan bakır (Cu) sanayide buhar, toz ve dumanları inhalasyonla (solunum ile) vucuda alınmaktadır. İnsan sağlığına etkileri arasında göz yapısına zarar, solunum sisteminde sorunlar, böbrek ve hematolojik sistem (kan sistemi) zerinde rahatsızlıklar yer almaktadır. son olarak bazı alaşımların içerisinde yer alan alüminyum (Al) ise genelde solunum irritasyonuna ve Alzheimer hastalığı ile ilişkilendirilen Shaver hastalığına neden olmaktadır [38].

2.3 YASAL DÜZENLEMELER

Ulusal Mevzuat

Tozla ilgili yasal düzenlemeler maruziyet sınır değerleri, maruziyetin önlenmesi ve toz ölçümleri ile ilgili maddeler 05.11.2013 tarihli ve 28812 sayılı resmi gazetede yayımlanarak yürürlüğe giren “Tozla Mücadele Yönetmeliği”nde gösterilmektedir. 12.08.2013 tarihli ve 28733 sayılı “Kimyasal Maddelerle alışmalarda Sağlık ve Güvenlik nlemleri Hakkında Yönetmelik” ile ise işyerinde bulunan, kullanılan veya herhangi bir şekilde işlem gören kimyasallara ait asgari maruziyet değerleri gösterilmektedir.

Uluslararası Mevzuat

Ulusal mevzuata ilave olarak tavsiye niteliğinde olan uluslararası kurumlar tarafından belirlenen maruziyet sınır değerleri gerek toz gerekse ağır metal için mevcuttur. Tablo 2.9’da ulusal ve uluslararası kurumlar tarafından kabul gören maruziyet sınır değerleri zararlı etkileri ile birlikte gösterilmektedir. Mevcut tabloda, OSHA (Occupational Safety & Health Administration) İş Güvenliği ve Sağlığı İdaresi, NIOSH (The National Institute for Occupational Safety and Health) Amerikan Ulusal İş Sağlığı ve Güvenliği Enstitüsü, ACGIH (The American Conference of Govenmental Industrial Hygienists) Amerikan Resmi Endüstriyel Hijyenistler Konferansı, HSE (Health and Safety Executive) İngiltere İş Sağlığı ve Güvenliği Kuruluşu’nun kısaltmaları olarak ifade edilmektedir. İlave olarak Tablo 2.9’da sınır değerler sırası ile OSHA için A, NIOSH için B, ACGIH için C ve HSE için D’dir.

Tablo 2.9 Dökümhanelerde bulunan toz ve ağır metallerin sınır değerleri ve etki şekilleri

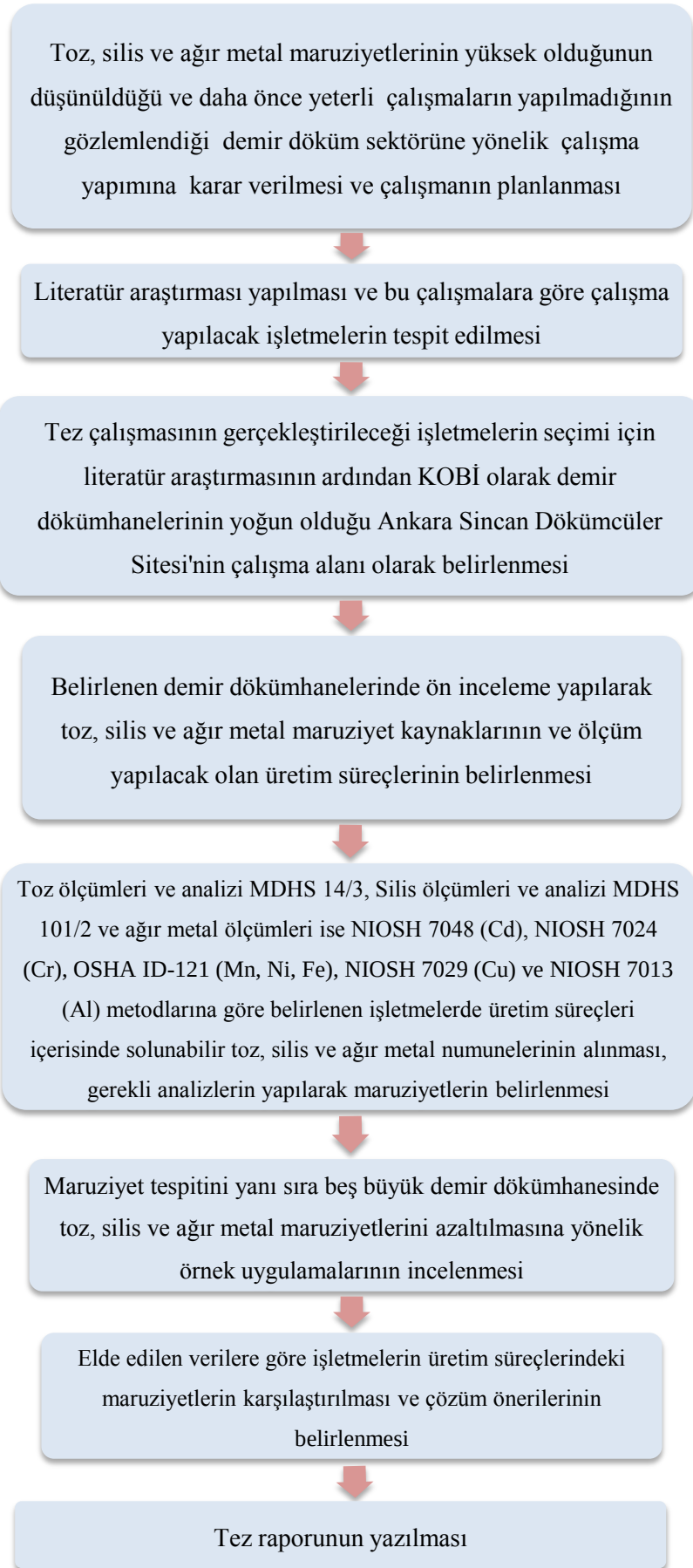
Madde	A. OSHA Standardı PEL (TWA) B. NIOSH Standardı REL (TWA) C. ACGIH (TWA) D. HSE WEL (TWA)	Kimyasal Maddelerle Çalışmalarda Sağlık ve Güvenlik Önlemleri Hakkında Yönetmelik (12.08.2013 ve 28733 sayılı)	Tozla Mücadele Yönetmeliği (05.11.2013 ve 28812 sayılı)	Bulunduğu Bölüm	Etki Biçimi
Solunabilir toz (inert ya da istenmeyen toz)	A. - B. 5 mg/m ³ C. 3 mg/m ³ D. 4 mg/m ³	-	5 mg/m ³	Bütün döküm işlemlerinde görülmektedir.	Alerjiden akciğer kanserine kadar uzanan farklı türlerde hastalıklar
Silis kristal:kuvars, kristobalit, doğal toprak	A. ESD: $\frac{10\text{mg/m}^3}{\%SiO_2+2}$ B. 0,1 mg/m ³ C. 0,05 mg/m ³	-	Eşik Sınır değeri (ESD): $\frac{10\text{mg/m}^3}{\%SiO_2+2}$	Kum nakil hatları, karıştırıcı çevresi, maça makinaları çevresi, kum temizleme bölgesi,	Silikozis, akciğer kanseri
Demiroksit (aerosol)	A. 10 mg/m ³ B. 5 mg/m ³ C. 5 mg/m ³	-	-	Döküm hattı, taşlama	Siderosis, burun ve akciğerde iritasyon
Alüminyum metal ve oksidi (Al ve Al ₂ O ₃ olarak)	A. 5 mg/m ³ B. 5 mg/m ³ C. 5 mg/m ³	-	-	Metal ergitme, potalar çevresi, taşlama	Fibrozis, Shaver hastalığı ve solunum iritasyonu
Nikel metal (Ni olarak)	A. 1 mg/m ³ B. 0,015 mg/m ³ C. 0,1 mg/m ³	-	-	Metal ergitme, potalar çevresi, taşlama	Göz, burun ve boğaz iritasyonu ile dermatit ve akciğer
Metalik Krom, İnorganik Krom(II) ve Krom (III)	A. 0,5 mg/m ³ B. 0,5 mg/m ³ C. 0,5 mg/m ³	2 mg/m ³	-	Metal ergitme, potalar çevresi, taşlama	Akciğer kanseri riski, deri iritasyonu
Kadmiyum Oksitler	A. 0,005 mg/m ³ B. 9 mg/m ³	-	-	Metal ergitme, potalar çevresi, taşlama	Solunum sistemi iritasyon, boğaz ağrısı, göğüs ağrısı ve solunum güçlüğü, böbrek
Bakır	A. 1 mg/m ³ B. 1 mg/m ³ C. 1 mg/m ³	-	-	Metal ergitme, potalar çevresi, taşlama	Göz, burun ve boğazda iritasyon, bulantı ve Metal Dumanı Ateşi
Manganez	A. 5 mg/m ³ B. 1 mg/m ³ C. 0,1 mg/m ³	-	-	Metal ergitme, potalar çevresi, taşlama	Metal Dumanı Ateşi ve merkezi sinir sistemi problemleri

3. GEREÇ VE YÖNTEMLER

3.1 ÇALIŞMA HAKKINDA BİLGİ

Mevcut tez çalışması kapsamında yapılan araştırmalara göre demir dökümhanelerindeki toz, silis ve ağır metal maruziyetlerin belirlenmeye çalışılmıştır. Döküm sanayi ile ilgili literatür araştırması yapıldıktan sonra sahaya çıkılmıştır. Bu çalışma kapsamında 12 farklı demir dökümhanesinde inceleme yapılmış ve bu incelemelerde 5 dökümhanede kapalı sistem döküm uygulandığı görülmüştür. Bu beş işletmede iş güvenliği uzmanları ve üretim müdürleriyle geçmiş 5 yıla ait ölçüm raporları incelenmiş ve toz, silis ve ağır metal ölçüm sonuçlarının ulusal ve uluslararası maruziyet değerlerinin altında seyrettiği görülmüştür. Bu nedenden dolayı, geçmiş yıllara ait ölçüm raporları incelenen ve söz konusu maruziyet kaynaklarının sınır değerlerin altında seyrettiği belirlenen beş işletmede ölçüm yapılmamış, çözüm önerilerinde bu işletmelerin iyi uygulamalarından faydalanılmıştır. Yapılan incelemeler sonucunda, son 5 yıla ait ölçüm raporu bulunmayan ve klasik yöntemle eski teknolojileri kullanarak döküm yapan Ankara Sincan Organize Sanayi Bölgesi Dökümcüler Sitesi'nde bulunan 7 demir dökümhane seçilmiş ve ölçümler bu işyerlerinde gerçekleştirilmiştir.

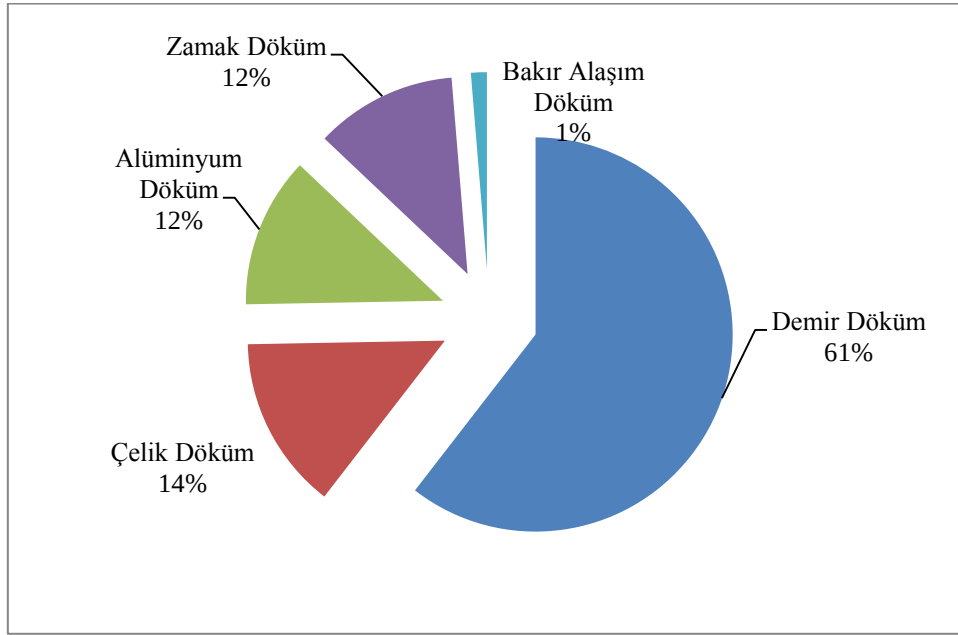
Bu tez kapsamında gerçekleştirilen çalışmanın adımları Şekil 3.1'de gösterilmiştir.



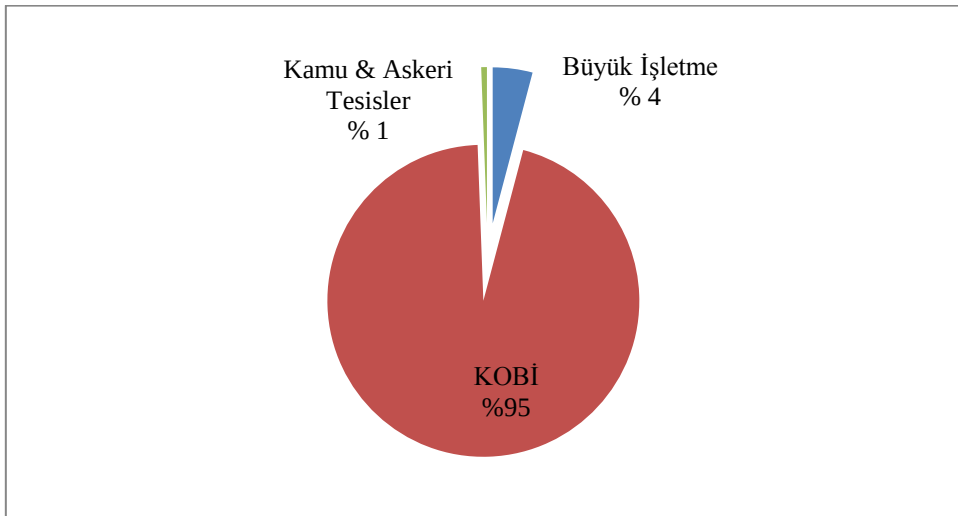
Şekil 3.1 Tez çalışmasının basamakları

İş Yerlerinin Seçimi

2013 Yılı Mart ayı verilerine ele alındığında Türkiye’de döküm sektöründe bulunan aktif kuruluş sayısının 1388 olduğu görülmektedir. Yine bu iş yerleri içerisinde aktif olarak çalışmasını sürdüren 837 tanesinin demir dökümhaneleri olduğu bilinmektedir. Grafik 3.1’den de anlaşıldığı gibi demir dökümhaneleri sektörün büyük bir kısmına hâkimdir. Ek olarak demir döküm sektöründe aktif halde çalışan 837 kuruluşun kendi içerisindeki dağılımına bakıldığında 809 tanesinin KOBİ olduğu ve bu sayının %95’lik bir kısma denk geldiği Grafik 3.2’de görülmektedir.



Grafik 3.1 Üretim cinslerine göre dökümhanelerin dağılımı



Grafik 3.2 İşletme büyüklüklerine göre demir dökümhanelerinin dağılımı

Yukarıdaki bilgilere ek olarak demir döküm sektöründe %42,63'lik bir paya sahip olan İç Anadolu Bölgesi'ndeki Ankara ilinin payı ise %25 olarak bilinmektedir.

3.2 ÖLÇÜM YAPILAN İŞLETMELER

Tez kapsamında ölçüm yapılan işletmeler, İş Sağlığı ve Güvenliğine İlişkin İşyeri Tehlike Sınıfları tebliğine göre çok tehlikeli sınıfta yer almaktadır. Yukarıda da ifade edildiği gibi işletmeler, küçük ve orta boyutlu işletmelerin yoğun olduğu Ankara bölgesinde bulunan Ankara Dökümcüler Sitesi'den seçilmiştir.

3.2.1 Ankara Dökümcüler Sitesi

Bu tez kapsamında araştırma alanı olarak Ankara Dökümcüler Sitesi'ndeki demir dökümhaneleri belirlenmiş olup ilgili ölçüm, analiz ve değerlendirmeler bu kapsamda gerçekleştirilmiştir. Ankara'da döküm sektörünün gelişmesi 1950'li yıllarda Kırıkkale Makine Kimya Fabrikaları'ndan ayrılan ustaların kurduğu dökümhanelerde başlamıştır. 1988 yılında Ayaş Yolu 25. kilometrede 177.000 m²'lik arazi üzerine kurulan Dökümcüler Sanayi Sitesi 118 adet dökümhane ile faaliyet göstermeye başlamış; daha sonraki yıllarda ek inşaat çalışmalarının da tamamlanmasıyla bu sayı 200'e ulaşmıştır. Dökümcüler Sanayi Sitesi'nin yıllık toplam döküm kapasitesi yaklaşık 50.000 tondur. Pısk, sfero, çelik ve demir dışı çeşitli döküm ürünleri üretilerek 30.000.000 dolarlık katma değer yaratılmaktadır. Türkiye döküm ihtiyacının yaklaşık % 25'i Ankara Dökümcüler Sitesi'ndeki dökümhaneler tarafından karşılanmakta olup sitede 2.000 civarında işçi istihdam edilmektedir [39].

Tablo 3.1’de hem ölçüm yapılan (A, B, C, D, E, F, G) hem de iyi uygulama örneklerinin (H, I, İ, K, L) incelendiği işletmelere ait bilgiler gösterilmektedir.

Tablo 3.1 Ölçüm ve inceleme yapılan dökümhaneler ile ilgili genel bilgiler

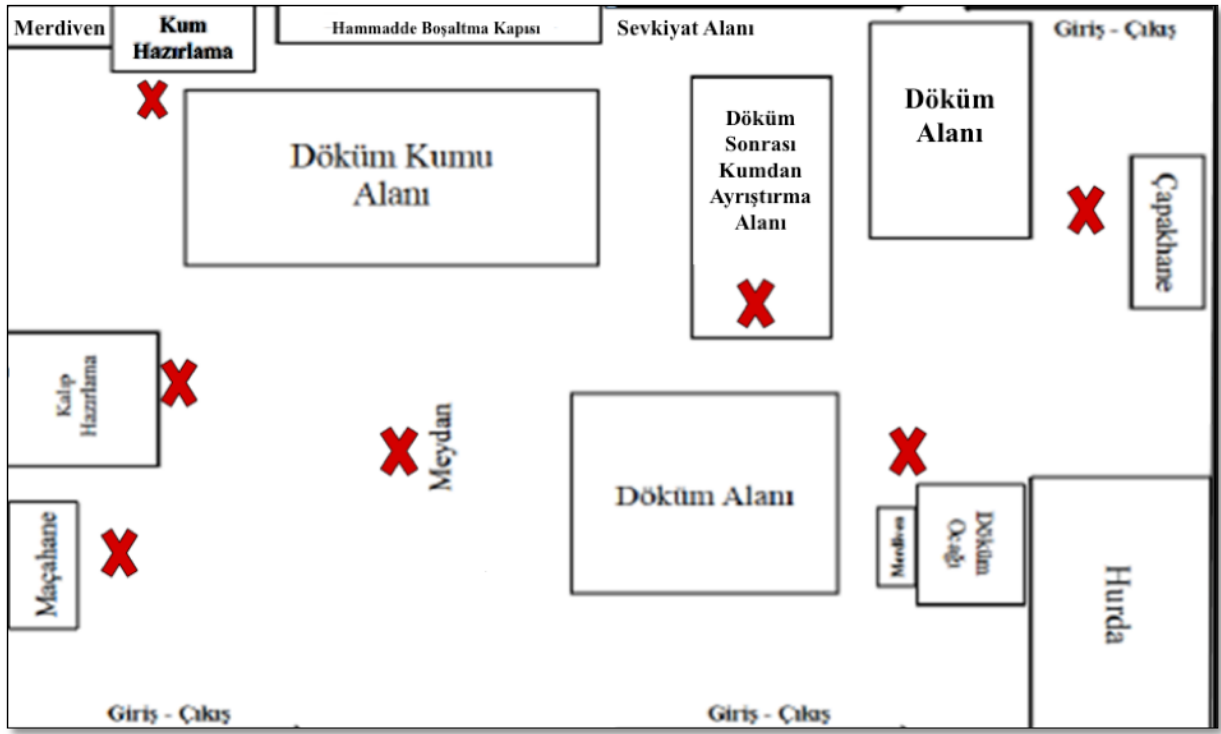
İşletmeler	Üretim Kapasitesi (ton/yıl)	Çalışan Sayısı	İş Sağlığı ve Güvenliği Hizmeti Alma Durumu	
			Hekim	Mühendis
A	5000	16	Mevcut Değil	Mevcut
B	20000	8	Mevcut Değil	Mevcut Değil
C	20000	12	Mevcut Değil	Mevcut Değil
D	10000	160	Mevcut	Mevcut
E	5000	20	Mevcut Değil	Mevcut Değil
F	1500	15	Mevcut Değil	Mevcut
G	1000	11	Mevcut Değil	Mevcut Değil
H	9000	150	Mevcut	Mevcut
I	24000	230	Mevcut	Mevcut
İ	50000	180	Mevcut	Mevcut
K	25000	160	Mevcut	Mevcut
L	10000	120	Mevcut	Mevcut

Ölçümlerin gerçekleştirildiği dökümhanelerin 4 tanesinde (B, C, E ve G) işyeri hekimi ve mühendis bulunmamaktadır. A ve F işyerlerinde mühendislik hizmetine yeni geçiş yapılmış olup D işyerinde ise hem işyeri hekimi hem de mühendis bulunmaktadır. Dolayısı ile ölçüm yapılan dökümhanelerin büyük bir kısmında geriye dönük ölçümlere bakıldığında düzenli bir ölçüm programının olmadığı, maruziyet kaynaklarının belirlenmesi, risk değerlendirmesinin yapılması ve tedbirlerin alınması hususunda çalışmalara yeni başlandığı görülmüştür. Diğer taraftan iyi uygulama örneklerinin incelendiği dökümhanelerde ise, gerek işyeri hekimi gerekse iş güvenliğinden sorumlu mühendis bulunmaktadır. Bu durum, düzenli eğitim programlarının olmasına, işlemlerde kullanılan yöntemlerin iyileştirilmesine ve maruziyetlerin ortaya çıkarılması için ölçümlerin periyodik bir şekilde yapılmasına (iki yılda bir ve her işlemde gerçekleştirilen iyileştirme sonrası) imkân sağlamaktadır.

3.2.2 Ölçüm Yapılan Demir Dökümhanelerinde Numune Alınan Bölümlerin Seçimi

Demir dökümhanelerinin yoğun olarak bulunduğu Ankara Dökümcüler Sitesi'nde seçilen yedi farklı işletmede ölçüm öncesi yapılan ön inceleme neticesinde toz, silis ve ağır metal numunesi alınacak bölümler gerek işveren ve iş güvenliği uzmanı gerekse literatür araştırması sonucunda belirlenmiştir. Ciddi akciğer rahatsızlıklarına sebep olan silis tozu, kumun içerisinde bulunan kuvars ile birlikte kumun karıştırılması, kalıplama prosesi, döküm işlemi, sallama işlemi, kumun yenilenmesi ve dökümden çıkan parçanın temizlenmesi sırasında ortaya çıkmaktadır [40, 41].

Ergimiş metalin kullanılması ise çalışanlar için bir diğer tehlikeyi oluşturmaktadır. Ergimiş metalin kullanılması ve metal sıçramaları ile işçiler metal kaynaklı kimyasallara maruz kalabilmektedir. Ergimiş ağır metalleri içeren dökümhane faaliyetleri ise, eritme potası, ergimiş metalin potadan kalıplara dökülmesi, taşlama ve çapakların temizlenme işlemleridir [41]. Şekil 3.2'de ölçümlerin gerçekleştirildiği dökümhanelere ait yerleşim planı genel hatları ile gösterilmekte olup kırmızı ile gösterilen yerler ölçüm noktalarını ifade etmektedir.. Şekil içerisinde bölümler ayrı ayrı gösterilse de dökümhaneler içerisinde tüm bölümler bir arada olup arada herhangi bir paravan ya da ayırıcı bulunmamaktadır. Bu sebep ile, her bir bölümde çalışan işçilerin toza ve ağır metale maruziyetlerinin homojen olduğu görüldüğünden bölümlerdeki birer işçiye toz pompaları takılarak işletmelerin hepsinden üçer adet toz ve silis ile dört tanesinden ikişer adet ağır metal numunesi alınmıştır.



Şekil 3.2 Ölçüm yapılan dökümhanelerin yerleşim planı örneği

3.3 SOLUNABİLİR TOZ, SİLİS VE AĞIR METAL MARUZİYETLERİNİN BELİRLENMESİNDE KULLANILAN YÖNTEMLER

3.3.1 Solunabilir Toz Maruziyetinin Belirlenmesinde Kullanılan Yöntem

Bu çalışma kapsamında seçilen demir dökümhanelerinde solunabilir toz ve silis maruziyetlerinin olabileceği düşünülen üretim süreçlerindeki çalışanların kişisel maruziyetlerinin belirlenmesi için İş Sağlığı ve Güvenliği Araştırma ve Geliştirme Başkanlığı (İSGÜM)' nda kullanılan "MDHS 14/3 Solunabilir Tozların Gravimetrik Analizi ve Örnekleme İçin Genel Metotlar" isimli metot kullanılmıştır. Buna göre, solunabilir tozların gravimetrik analizi Resim 3.1'de gösterilen hassas terazi yardımı ile yapılmış olup toz numunesi alınacak işletmede ölçüme başlamadan önce gerekli ön inceleme yapılarak maruziyetin görüldüğü süreçler ve kaç noktadan toz numunesinin alınacağı belirlenmiştir. Ölçüm gerçekleştirilmeden önce İSGÜM Ankara Merkez Laboratuvarı'nda kullanılan solunabilir ve alveollere ulaşan tozların gravimetrik metot ile numune alma talimatına göre ön çalışma gerçekleştirilmiştir.

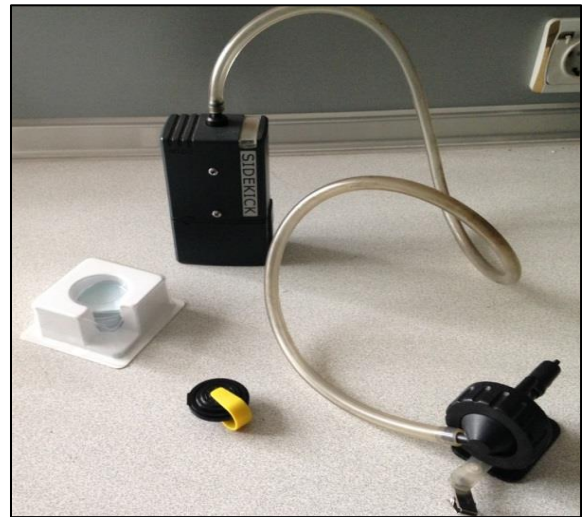
Bu çalışma;

- filtrelerin ve filtre kasetlerinin belirlenmesi,
- hassas terazi ayarının etanol set yardımı ile hazırlanması,
- filtrelerin kasetleri ile birlikte ön tartımlarının 0,01 hassasiyete sahip hassas terazide gerçekleştirilmesi,
- filtrelerin şartlandırılması,
- pompaların dijital debi ölçer yardımı ile akış hızlarının ayarlanması işlemlerini içermektedir.

Ölçüm sırasında ise SKC marka toz örnekleme pompası ve PVC filtreler kullanılmıştır. Resim 3.2’te kişisel hava örnekleme pompası ve PVC filtre kaseti gösterilmektedir.



Resim 3.1 Hassas Terazi



Resim 3.2 Kişisel hava örnekleme pompası, siklon başlık, PVC filtre ve filtre kaseti

Numune alma işlemine hazır olduğunda pompa çalıştırılarak zaman ve hacimsel akış hızı kaydedilmiştir. Kullanılan metot gereği en az 4 saat süren numune alma işleminin bitiminde pompa kapatılmış ve mekanik etkilere maruz bırakmadan çalışanın üzerinden çıkarılmıştır. Ölçümler gerçekleştirildikten sonra analiz için İSGÜM laboratuvarına getirilen toz yüklü filtrelerin son tartımları yapılmadan önce tartım ortamında kilitli poşetlerden çıkarılarak şartlandırılmaları için bir gece laboratuvarında bekletilmiştir. Daha sonra şartlandırılmış filtrelerin tartımları yapılmak üzere kalibre standart ağırlıklarla kontrolü yapılmış olan hassas terazide son tartımları yapılmıştır [42].

Ardından ise, tartım sonuçları ve gerekli veriler İSGÜM’de kullanılan toz hesaplama programına girilerek toz numunesi alınan noktalardaki solunabilir toz konsantrasyonu sonuçları elde edilmiştir. Toz hesaplama programı, gravimetrik tozun TS EN 689 metoduna göre 8 saatlik zaman ağırlıklı ortalama değeri için (TWA) maruziyet derişiminin hesaplandığı programdır [43].

3.3.2 Silis Maruziyetinin Belirlenmesinde Kullanılan Yöntem

Gravimetrik hesap ile solunabilir toz konsantrasyonu miktarları belirlenen toz yüklü filtrelerde bulunan silis miktarlarının analizi için “MDHS 101/2 Solunabilir Havadaki Toz İçindeki Kristalin Silika“ metodu kullanılmıştır. Buna göre, en az 4 saat ölçüm alınmıştır [44]. Ardından ise, İSGÜM Ankara Merkez Laboratuvarı’nda bulunan ve Resim 3.3’de gösterilen FTIR (Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektrofotometre) analiz cihazı ile filtrelerdeki silis miktarsal olarak tayin edilmiştir. Laboratuvarda FTIR ile elde edilen miktarsal silis, OSHA ID – 142 metoduna göre hazırlanan toz hesaplama programı kullanılarak, silis maruziyetleri ve bu maruziyetlerin eşik sınır değeri (ESD) hesaplanmıştır. Daha sonra, eşik sınır değeri ile silis maruziyetleri birbirleri ile karşılaştırılarak ortamda maruziyetin olup olmadığı belirlenmiştir [45].



Resim 3.3 FTIR analiz cihazı

3.3.3 Ağır Metal Maruziyetinin Belirlenmesinde Kullanılan Yöntem

Ağır metal kapsamında ölçümü gerçekleştirilen demir, alüminyum, nikel, krom, kadmiyum, bakır ve mangan metal numuneleri, İş Sağlığı ve Güvenliği Araştırma ve Geliştirme Başkanlığı (İSGÜM) tarafından kullanılan TS EN 689 “İşyeri Havası - Solunumla maruz kalınan kimyasal maddelerin sınır değerler ile karşılaştırılması ve ölçme stratejisinin değerlendirilmesi için kılavuzu” gereğince her metal için 4 saat olacak şekilde alınmıştır. Ağır metal ölçümleri gerçekleştirilirken SKC ve Deluxe tip pompalar ile 37 mm çaplı 0,8 µm’lik selüloz ester membran filtreler kullanılmıştır. Resim 3.4’te kullanılan Deluxe pompa gösterilmektedir.

Analizler ise İSGÜM’de uygulanan NIOSH 7048, NIOSH 7024, OSHA ID-121, NIOSH 7029 ve NIOSH 7013 metodlarına göre İSGÜM Ankara Merkez Laboratuvarında bulunan Resim 3.5’te gösterilen Atomik Absorpsiyon Spektroskopisi (AAS) ile gerçekleştirilmiştir [46, 47]. Ardından TS EN 689’da belirtilen hesaplama programı kullanılarak ağır metal konsantrasyon değerleri belirlenmiştir.



**Resim 3.4 Ağır metal ölçümünde
Kullanılan deluxe tip pompa**



**Resim 3.5 Atomik Absorpsiyon
Spektroskopisi cihazı**

Tablo 3.2’de ağır metaller için kullanılan ölçüm ve analiz metotları özetlenmektedir.

Tablo 3.2 Ölçüm yapılan ağır metaller ve kullanılan metotlar

Ağır Metal	Kullanılan Metot
Kadmiyum (Cd)	NIOSH 7048
Krom (Cr)	NIOSH 7024
Bakır (Cu)	NIOSH 7029
Alüminyum (Al)	NIOSH 7013
Mangan (Mn), Nikel (Ni) Demir (Fe)	OSHA ID - 121

4. BULGULAR

4.1 SOLUNABİLİR TOZ VE SİLİS MARUZİYET BULGULARI

Bu araştırma kapsamında seçilen yedi farklı demir dökümhanesi çalışanlarında solunabilir toz ve silis maruziyetlerinin belirlenmesi için kişisel toz ve silis numuneleri alınmıştır. Toz numunesi analiz sonuçlarına göre, solunabilir toz konsantrasyon değerleri Tablo 4.1’de, silis maruziyet değerleri ise Tablo 4.2’de verilmiştir. Hesap programlarından alınan örnek sonuçlar Ek-1’de kullanılan metotlar ise Ek-2’de gösterilmiştir.

Bu tez çalışması ile demir dökümhaneleri içerisinde belirlenen işletmelerdeki çalışanların solunabilir toz, silis ve ağır metal maruziyetlerinin incelenmesi ile alınabilecek önlemlerin belirlenmesi amaçlanmaktadır. Bu amaç doğrultusunda işletmelerde ölçümlerin yapılacağı süreçler belirlenerek, MDHS 14/3 metoduna göre yedi farklı dökümhaneden üçer toz ve silis numunesi olmak üzere toplamda 21 toz numunesi alınmış ve maruziyet değerleri tespit edilmiştir. Buna ilave olarak ise dört dökümhanede iki örnekleme noktası olmak üzere toplamda sekiz noktadan ağır metal numunesi alınmıştır. Ağır metal ölçüm noktaları döküm ocağı ve döküm işlemi süreci, taşlama ve dökümhane meydanında gerçekleştirilmiştir. Bu bölümde solunabilir toz ve silis analiz sonuçları gösterilmektedir.

Tablo 4.1 İşyerlerinde tespit edilen solunabilir toz maruziyet değerleri

İşyeri	Yapılan İşlem	Solunabilir Toz Maruziyet Değerleri (mg/ m ³)	Solunabilir Toz Maruziyet Sınır Değeri (mg/ m ³)	Örnekleme Zamanı (dk)
A	Kalıplama	14,60	5	240
	Kum Hazırlama	21,25		240
	Döküm Ocağı	0,94		240
B	Kalıplama	1,57		240
	Döküm Ocağı	0,37		240
	Taşılama	1,63		240
C	Kalıplama	0,36		240
	Meydan	2,72		240
	Kum Hazırlama	2,12		240
D	Kalıplama	8,80		240
	Kum Hazırlama	4,81		240
	Sarsak (Derece Bozma)	6,10		240
E	Kum Hazırlama	2,80		240
	Maça Hazırlama	0,50		240
	Sarsak (Derece Bozma)	1,13		240
F	Kum Hazırlama	6,89		240
	Taşılama	8,06		240
	Sarsak (Derece Bozma)	8,23		240
G	Kum Hazırlama	2,50		240
	Taşılama	4,20		240
	Kalıplama	2,45		240

Tablo 4.1’de Tozla Mücadele Yönetmeliği’ndeki solunabilir toz maruziyet sınır değerini aşan veriler sarı renk ile işaretlenmiştir.

Tablo 4.2 İşyerlerinde tespit edilen silis maruziyet değerleri ve eşik sınır değerleri

İşyeri	Yapılan İşlem	Sonuçlar		Örnekleme Zamanı (dk)
		Eşik Sınır Değerleri (ESD) (mg/ m ³)	Silis Maruziyet Değerleri (mg/ m ³)	
A	Kalıplama	3,67	14,60	240
	Kum Hazırlama	4,68	21,25	240
	Döküm Ocağı	1,32	0,94	240
B	Kalıplama	1,31	1,35	240
	Döküm Ocağı	1,98	0,15	240
	Taşılama	1,77	1,42	240
C	Kalıplama	0,36	0,38	240
	Meydan	2,68	2,72	240
	Kum Hazırlama	2,12	3,13	240
D	Kalıplama	0,01	0,40	240
	Kum Hazırlama	0,50	0,01	240
	Sarsak (Derece Bozma)	0,07	0,36	240
E	Kum Hazırlama	4,87	14,60	240
	Maça Hazırlama	4,76	13,56	240
	Sarsak (Derece Bozma)	4,83	13,12	240
F	Kum Hazırlama	4,51	2,15	240
	Taşılama	1,81	2,12	240
	Sarsak (Derece Bozma)	4,81	2,21	240
G	Kum Hazırlama	3,94	2,27	240
	Taşılama	3,80	1,97	240
	Kalıp Hazırlama	4,56	2,27	240

Tablo 4.2’de ise yönetmelikte verilen Eşik sınır değerleri (ESD) üzerinde silis maruziyetinin görüldüğü işlemler kırmızı renk ile işaretlenmiştir.

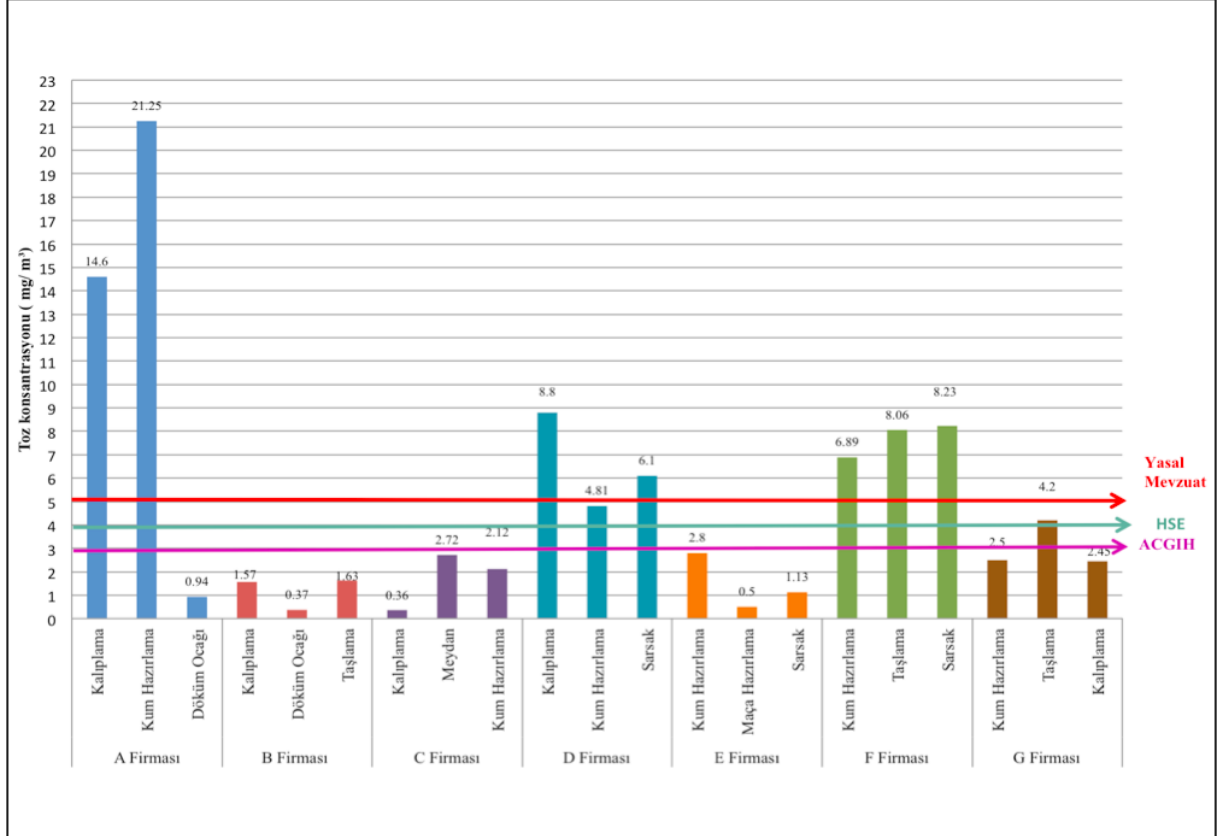
Elde edilen toz numuneleri içerisinde, A işyerine ait kalıplama işleminde 14,60 mg/m³ ve kum hazırlama işleminde ise 21,25 mg/m³'lük konsantrasyon değerine sahip toz değerleri tespit edilmiştir. D işyerine ait kalıplama işleminde 8,80 mg/m³ ve sarsak içerisinde derece bozma işleminden ise 6,10 mg/m³ bir toz konsantrasyon değeri elde edilmiştir. Benzer şekilde, F işyerine ait kum hazırlama işleminde 6,89 mg/m³, taşlama işleminde 8,06 mg/m³ ve sarsak içerisinde derece bozma işleminde ise 8,23 mg/m³'lük değer elde edilmiş olup tüm bu değerlerin, Tozla Mücadele Yönetmeliği'ndeki solunabilir toz maruziyeti sınır değeri olan 5 mg/m³'ün üstünde çıktığı görülmüştür. Ek olarak D işyerindeki kum hazırlama ve G işyerindeki taşlama işlemlerinden sırası ile elde edilen 4,81 mg/m³ ve 4,20 mg/m³'lük solunabilir toz maruziyet değerlerinin ise Tozla Mücadele Yönetmeliği'ndeki solunabilir toz maruziyeti sınır değeri olan 5 mg/m³'e oldukça yakın olduğu gözlemlenmiştir. Diğer işyerlerindeki işlemlerden elde edilen toz numunelerinin analiz sonuçlarının ise Tozla Mücadele Yönetmeliği'ndeki solunabilir toz maruziyeti sınır değerinin altında çıktığı tespit edilmiştir.

Ulusal mevzuata ilave olarak tavsiye niteliğinde olan uluslararası kurum ve kuruluşların belirlemiş olduğu sınır ve öneri niteliğindeki değerler ile elde edilen ölçüm sonuçları karşılaştırılmıştır. Ulusal mevzuatta olduğu gibi A işyerine ait kalıplama ve kum hazırlama işlemlerinden elde edilen 14,60 mg/m³ ve 21,25 mg/m³ değerleri, D işyerinde kalıplama bölümünden elde edilen 8,80 mg/m³ ve sarsak ile derece bozma işleminden elde edilen 6,10 mg/m³ toz konsantrasyon değerleri ile bunlara ek olarak D işyerine ait kum hazırlama işleminde ölçülen 4,81 mg/m³ değerinin, F işyerine ait kum hazırlama, taşlama ve sarsak ile derecelerin bozulması işlemlerinde sırası ile elde edilen 6,89 mg/m³, 8,06 mg/m³ ve 8,23 mg/m³ değerlerinin ve tüm ölçüm değerlerinin Tozla Mücadele Yönetmeliği solunabilir toz maruziyet sınır değerinin (5 mg/m³) altında olan G işyerindeki taşlama işleminden elde edilen 4,20 mg/m³ toz konsantrasyon değerinin hem İngiltere İş Sağlığı ve Güvenliği Kurumu'nun (HSE) belirlemiş olduğu 4 mg/m³'lük sınır değerin hem de Amerikan Ulusal İş Sağlığı ve Güvenliği Enstitüsü'nün (ACGIH) 3 mg/m³ olarak belirlediği sınır değerin üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Ölçüm sonuçlarından da görülebileceği gibi A işyerindeki işlemlerden elde edilen solunabilir toz değerlerinin diğer işyerlerindeki işlemlerden elde edilen değerlerden daha yüksek çıkmıştır. A işyerindeki ortam havalandırmasının diğer işyerlerine göre çok daha yetersiz olmasının bu duruma sebep olabileceği düşünülmektedir.

Aynı süreçlerdeki tozdan kaynaklı silis maruziyet değerlerine bakılacak olunursa, bütün süreçlerde ortamda silisin varlığı tespit edilmiş olup ve elde edilen bu değerler mevzuata göre incelendiğinde süreçlerin yaklaşık %53'ündeki silis maruziyetler değerlerinin eşik sınır değerlerin üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Daha detaylı açıklanacak olunursa, A işyerindeki kum hazırlama, B işyerindeki kalıplama, C işyerindeki kalıplama ve dökümhanenin orta kısmında (meydan), D işyerinde kalıplama ve sarsaktaki derece bozma, E işyerindeki kum hazırlama, maça hazırlama ve derece bozma ile F işyerindeki taşlama işlemlerinde solunabilir toz maruziyeti gözlemlendiği gibi bu bölümlerdeki silis maruziyet değerlerinin de eşik sınır değerin üzerinde olduğu tespit edilmiştir. G işyerindeki tüm işlemlerde ise silis maruziyeti eşik sınır değerin altındadır.

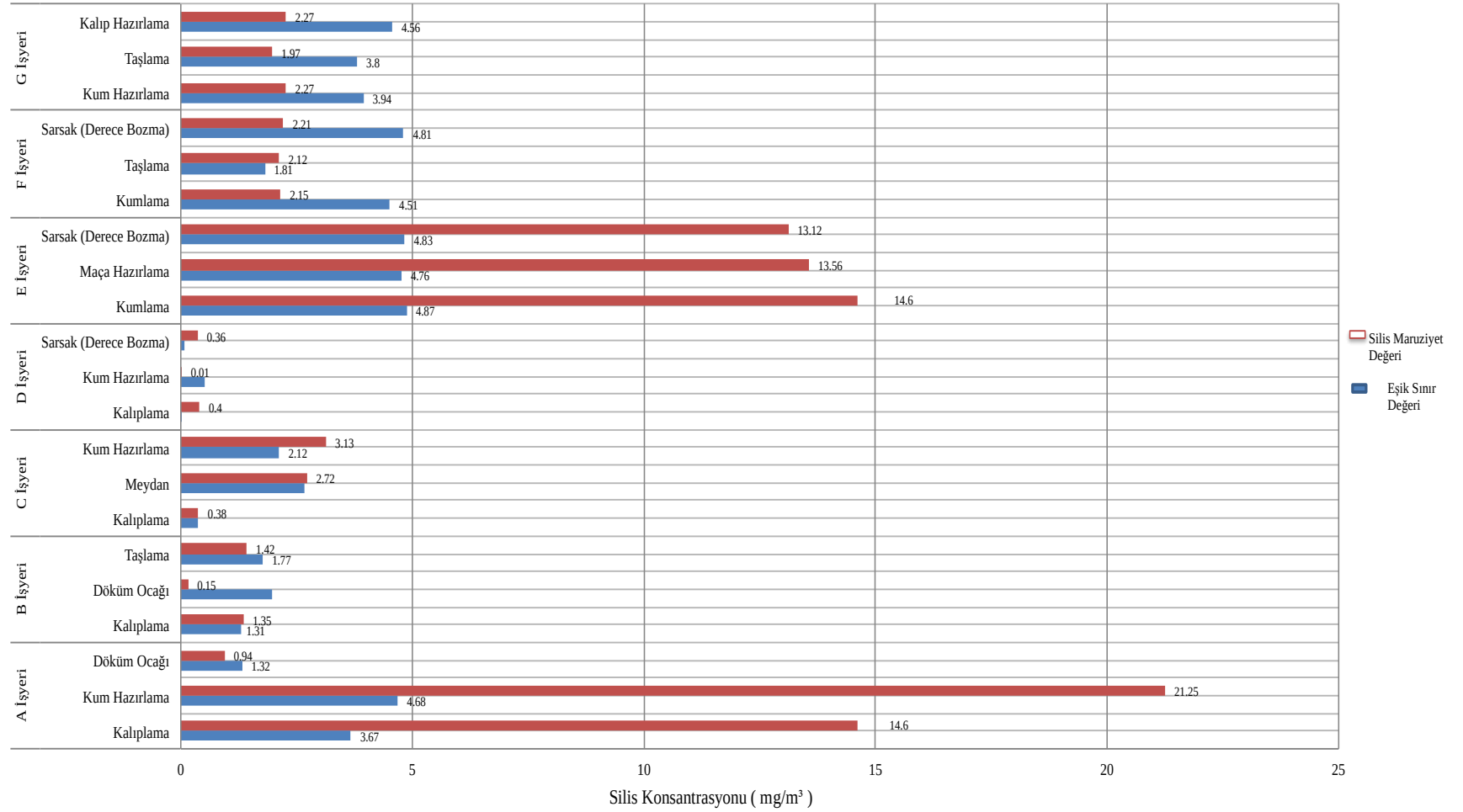
Solunabilir toz ile silis maruziyetinin tespit edildiği işlemler kıyaslandığında ise silis maruziyetinin, solunabilir toz maruziyeti tespit edilmeyen noktalarda da bulunduğu belirlenmiştir. Bir başka ifade ile B, C ve E işyerlerinde yapılan işlemlerin hiçbirinde solunabilir toz maruziyeti, gerek ulusal mevzuat gerekse de uluslararası kurum ve kuruluşların öneri niteliğinde vermiş olduğu sınır değerleri aşmamakta olup; bu işyerlerinden aynı ölçüm noktalarından alınan silis maruziyetler değerleri eşik sınır değerlerinin üzerinde çıkmıştır. Her ne kadar solunabilir toz maruziyeti düşük olsa da B, C ve E işyerlerindeki kalıplama ve sarsak işlemlerinde serbest silika maruziyetinin tespit edilmiş olması, bu işlemlerdeki silis maruziyetine solunabilir toz maruziyetinden daha çok dikkat edilmesi gerektiğini de göstermektedir. Bir diğer ifadeyle, elde edilen ölçüm sonucunda ortamda düşük solunabilir toz konsantrasyonu tespit edilse bile bu toz içerisindeki partiküllerin büyük bir kısmının serbest silika olması sebebiyle, çalışanlara verdiği zarar bu işlemlerdeki solunabilir tozdan çok daha fazladır. Solunabilir toz, içerisinde pek çok partikül içermekte olup serbest silis de bu partiküllerden birisidir. Dolayısı ile çalışanların toz maruziyetinin doğru tespit edilebilmesi için dikkat edilmesi gereken hususlardan birisi de solunabilir toz ve silis ayrımının iyi yapılabilmesidir. Silis maruziyetinin işletmelerde uygulanan işlemlerde değişiklik göstermesinin sebebi kullanılan kum içerisinde bulunan silisin yüzdesi ve ortam şartları ile ilgilidir.

Grafik 4.1’de işyerlerine ait toz konsantrasyon karşılaştırmaları yapılmış bu karşılaştırma ulusal ve uluslararası sınır değerlerle desteklenmiştir. Ulusal mevzuatta 5 mg/m^3 olan solunabilir toz maruziyet sınır değeri kırmızı çizgi ile gösterilmiştir. Aynı zamanda tavsiye niteliğindeki uluslararası enstitü sınır değerlerine bakılacak olunursa; HSE’nin 4 mg/m^3 olan maruziyet sınır değeri yeşil çizgi ile ACGIH’in 3 mg/m^3 olan maruziyet sınır değeri ise mor çizgi ile gösterilmiştir.



Grafik 4.1 İşyerlerindeki solunabilir toz maruziyet değerleri

Solunabilir toz maruziyet değerlerinin yanı sıra Tablo 4.2’deki silis maruziyet değerleri kullanılarak aynı süreçlerin farklı işyerlerindeki silis maruziyetleri eşik sınır değerleri Grafik 4.2’ de karşılaştırılmıştır.



Grafik 4.2 İşyerlerindeki silis konsantrasyon değerleri

Grafik 4.2'ye göre A işyerindeki kalıplama ve kum hazırlama, B işyerindeki kalıplama, C işyerindeki kalıplama ve meydan, D işyerindeki kalıplama ve sarsak, E işyerindeki maçahane, sarsak ve kum hazırlama ile F işyerindeki taşlama işlemlerinde silis maruziyetleri ESD'lerinin (Eşik Sınır Değer) üzerinde çıkmıştır.

4.2 AĞIR METAL BULGULARI

Bu araştırma kapsamında dört farklı demir dökümhanesindeki çalışanlarında ağır metal maruziyetlerinin belirlenmesi için kişisel ağır metal numuneleri alınmıştır. İşyerindeki ölçüm yapılan bölümler ve işyeri ortam havasında tespit edilen ağır metal konsantrasyon değerlerinden A işyerine ait olanlar Tablo 4.3'te, B işyerine ait analiz sonuçları Tablo 4.4'te, C işyerine ait olan ölçüm sonuçları Tablo 4.5'te ve D işyerine ait olanlar ise Tablo 4.6'da gösterilmektedir. Hesap programlarından alınan örnek sonuçlar Ek'te gösterilmiştir.

Bu çalışma kapsamında, yukarıda da ifade edildiği gibi dört demir dökümhanesinde bulunan dört farklı işlemde yedi farklı ağır metal (krom, demir, mangan, bakır, alüminyum, nikel ve kadmiyum) numunesi alınmış olup sonuçlar karşılaştırılmıştır. Ölçüm alınan noktalara bakıldığında, tüm sonuçların ulusal mevzuat sınır değerinin altında olduğu görülmüştür. Ulusal mevzuata ek olarak uluslararası kuruluşların belirlemiş olduğu sınır değerler ile elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında ise D işyerinde bulunan taşlama işlemindeki krom maruziyetinin ($0,7170 \text{ mg/m}^3$), İş Güvenliği ve Sağlığı İdaresi (OSHA), Amerikan Ulusal İş Sağlığı ve Güvenliği Enstitüsü (NIOSH) ve Amerikan Ulusal İş Sağlığı ve Güvenliği Enstitüsü (ACGIH) tarafından belirlenen $0,5 \text{ mg/m}^3$ 'lük krom maruziyet değerinin üzerinde olduğu ve yine D işyerinin döküm ocağındaki $0,4860 \text{ mg/m}^3$ olan krom maruziyetinin de yine İş Güvenliği ve Sağlığı İdaresi (OSHA), Amerikan Ulusal İş Sağlığı ve Güvenliği Enstitüsü (NIOSH) ve Amerikan Ulusal İş Sağlığı ve Güvenliği Enstitüsü (ACGIH) tarafından belirlenen $0,5 \text{ mg/m}^3$ değerine oldukça yakın olduğu görülmüştür. A, B, C ve D döküm ocaklarına ait ölçümler kendi içlerinde karşılaştırıldığında ise en yüksek demir ($0,673 \text{ mg/m}^3$) ve krom maruziyetinin ($0,486 \text{ mg/m}^3$) D dökümhanede olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, tüm dökümhanelerdeki bütün işlemler içerisinde en yüksek demir ve krom konsantrasyonu da yine D dökümhanede tespit edilmiştir. Bu durumun sebebi ise, A, B ve C dökümhaneler D dökümhaneden görece daha küçük işletmelerdir.

Tez kapsamında ziyaret edilmiş olan dökümhaneler göz önüne alındığında küçük işletmeler içerisinde iş bölümü kurumsal yapıdaki dökümhanelere göre daha az olup herkesin her işi yaptığı görülmüştür. Dolayısı ile tüm işler tek bir ortamda birbiri ile iç içe gerçekleştirilmektedir. Böyle bir durumda ise ölçüm değerlerinin yüksek çıkacağı beklenmektedir. Nitekim silis maruziyetlerine bakıldığında değerlerin en yüksek A, B ve E dökümhanelerde olduğu tespit edilmiştir. Ancak, küçük işletmelerde, gerek döküm gerekse de taşlama ve çapak temizleme işlemleri esnasında ortamda eksik havalandırma şartları olduğundan fazla sıcaklık ve tozuma ihtimaline karşı dökümhane kapılarının açıldığı ve bu şekilde işlemlerin gerçekleştirildiği görülmüştür. Bu durum, ortamda ağır metal olsa bile metal tozunun filtrede birikimini engellemiştir. Ek olarak, A, B ve E demir dökümhanelerindeki üretim kapasitesi D dökümhaneye göre oldukça düşüktür. Bu durumun, D dökümhanesindeki maruziyetin daha fazla olmasına sebep olduğu düşünülmektedir. Eğer ağır metal sonuçları dökümhanelerin kendi içlerindeki işlemlere göre karşılaştırılacak olunur ise, A işyerinde taşlama işlemindeki demir maruziyeti ($0,0024 \text{ mg/m}^3$) döküm ocağındaki demir maruziyetinden ($0,0543 \text{ mg/m}^3$) az da olsa yüksek olduğu belirlenmiştir. Benzer şekilde D işyerinde taşlama işlemine ait krom ($0,717 \text{ mg/m}^3$), demir ($0,846 \text{ mg/m}^3$) ve nikel ($0,014 \text{ mg/m}^3$) konsantrasyon değerlerinin döküm ocağından elde edilen krom ($0,486 \text{ mg/m}^3$), demir ($0,673 \text{ mg/m}^3$) ve nikel ($0,002 \text{ mg/m}^3$) konsantrasyon değerlerine göre daha yüksek çıktığı görülmüştür. B dökümhanede ise döküm ocağındaki tüm ağır metal konsantrasyon değerleri aynı işyerindeki taşlama işlemine ait ağır metal sonuçlarından daha yüksek çıkmıştır. Aynı şekilde C işyerinde de döküm ocağındaki tüm ağır metal sonuçları dökümhane meydanına göre daha yüksektir. Tüm bu sonuçlar göz önünde bulundurulduğunda işlemlerden elde edilen ağır metal sonuçları arasındaki farkın çok da olmadığı tespit edilmiş olup en yüksek ağır metal maruziyetinin ise demir metaline ait olduğu tespit edilmiştir. Bu tez çalışması kapsamında demir dökümhaneleri incelendiğinden ve dökümün ana maddesi demir olduğundan elde edilen sonuçların tutarlı olduğu düşünülmektedir.

Tablo 4.3 A iş yerine ait ağır metal maruziyet analiz sonuçları

Numune Alma Tarihi Örnekleme Zamanı (dk)	Numune Alınan Bölüm	Cr	Fe	Mn	Cu	Al	Ni	Cd
240	Döküm Ocağı	0,0028	0,0413	0,0038	T.E.D.B	0,0151	0,0017	0,0004
240	Taşlama	0,0024	0,0543	0,0019	T.E.D.B	0,0120	T.E.D.B	T.E.D.B
Referans Sınır Değerler (mg/m³)								
Kimyasal Maddelerle Çalışmada Sağlık ve Güvenlik Önlemleri Hakkında Yönetmelik		2	-	-	-	-	-	-
OSHA – İş Güvenliği ve Sağlığı İdaresi [46]		0,5	10	5	1	5	1	0,005
NIOSH – Amerikan Ulusal İş Sağlığı ve Güvenliği Enstitüsü [47]		0,5	5	1	1	5	0,015	9
ACGIH - Amerikan Ulusal İş Sağlığı ve Güvenliği Enstitüsü [48]		0,5	5	0,1	1	5	0,1	-

Tablo 4.4 B iş yerine ait ağır metal maruziyet analiz sonuçları

Numune Alma Tarihi Örnekleme Zamanı (dk)	Numune Alınan Bölüm	Cr	Fe	Mn	Cu	Al	Ni	Cd
240	Döküm Ocağı	0,0004	0,0257	0,0007	0,0006	0,0071	0,0031	0,0012
240	Taşlama	T.E.D.B	0,0137	0,0008	0,0003	0,0042	0,0028	0,0006
Referans Sınır Değerler (mg/m ³)								
Kimyasal Maddelerle Çalışmada Sağlık ve Güvenlik Önlemleri Hakkında Yönetmelik		2	-	-	-	-	-	-
OSHA – İş Güvenliği ve Sağlığı İdaresi [46]		0,5	10	5	1	5	1	0,005
NIOSH – Amerikan Ulusal İş Sağlığı ve Güvenliği Enstitüsü [47]		0,5	5	1	1	5	0,015	9
ACGIH - Amerikan Ulusal İş Sağlığı ve Güvenliği Enstitüsü [48]		0,5	5	0,1	1	5	0,1	-

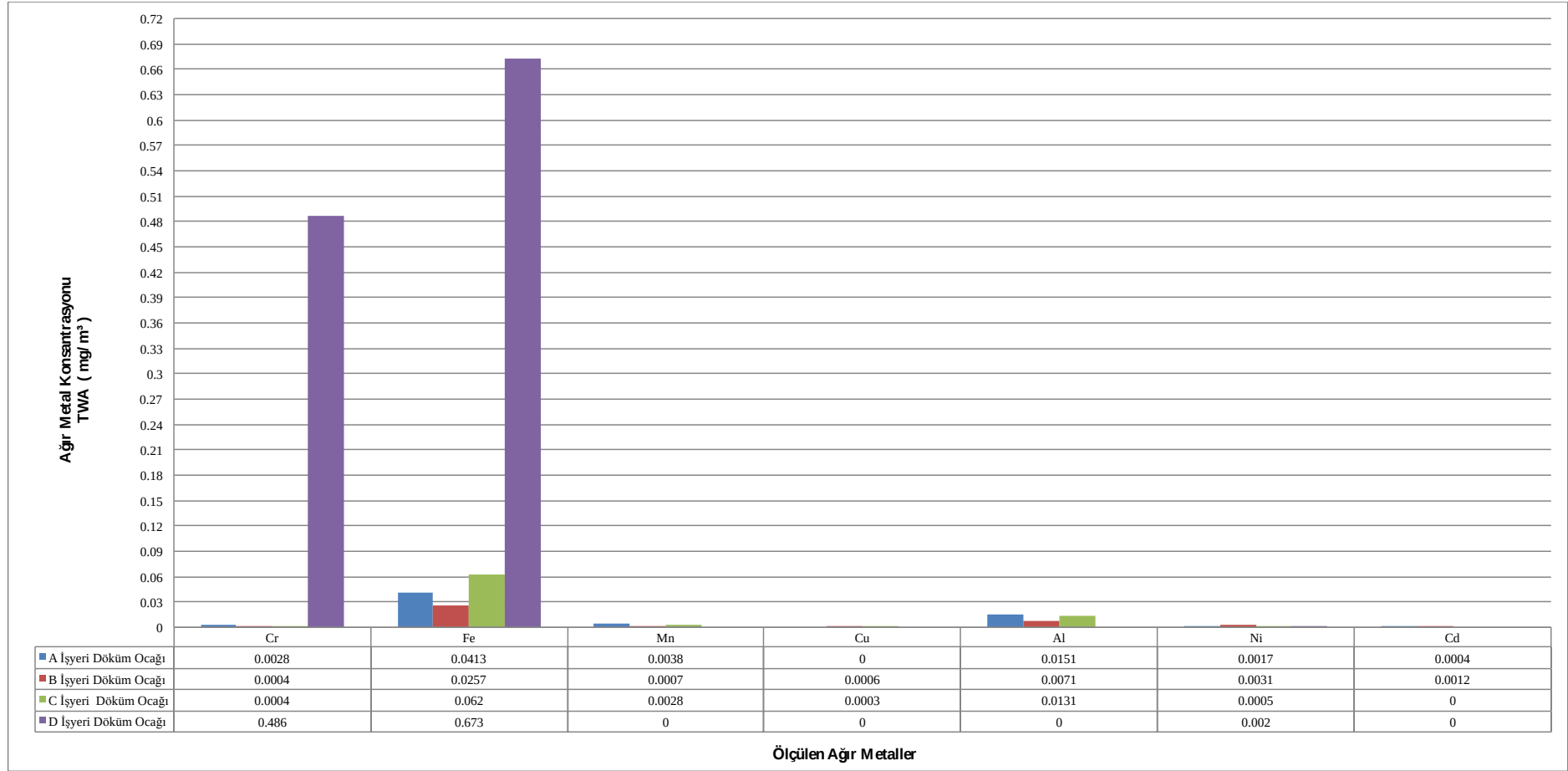
Tablo 4.5 C iş yerine ait ağır metal maruziyet analiz sonuçları

Numune Alma Tarihi Örneklem Zamanı (dk)	Numune Alınan Bölüm	Cr	Fe	Mn	Cu	Al	Ni	Cd
240	Döküm Ocağı	0,0004	0,0620	0,0028	0,0003	0,0131	0,0005	0
240	Meydan	T.E.D.B	0,0386	0,0018	0,0003	0,0052	T.E.D.B	T.E.D.B
Referans Sınır Değerler (mg/m ³)								
Kimyasal Maddelerle Çalışmada Sağlık ve Güvenlik Önlemleri Hakkında Yönetmelik		2	-	-	-	-	-	-
OSHA – İş Güvenliği ve Sağlık İdaresi [46]		0,5	10	5	1	5	1	0,005
NIOSH – Amerikan Ulusal İş Sağlığı ve Güvenliği Enstitüsü [47]		0,5	5	1	1	5	0,015	9
ACGIH - Amerikan Ulusal İş Sağlığı ve Güvenliği Enstitüsü [48]		0,5	5	0,1	1	5	0,1	-

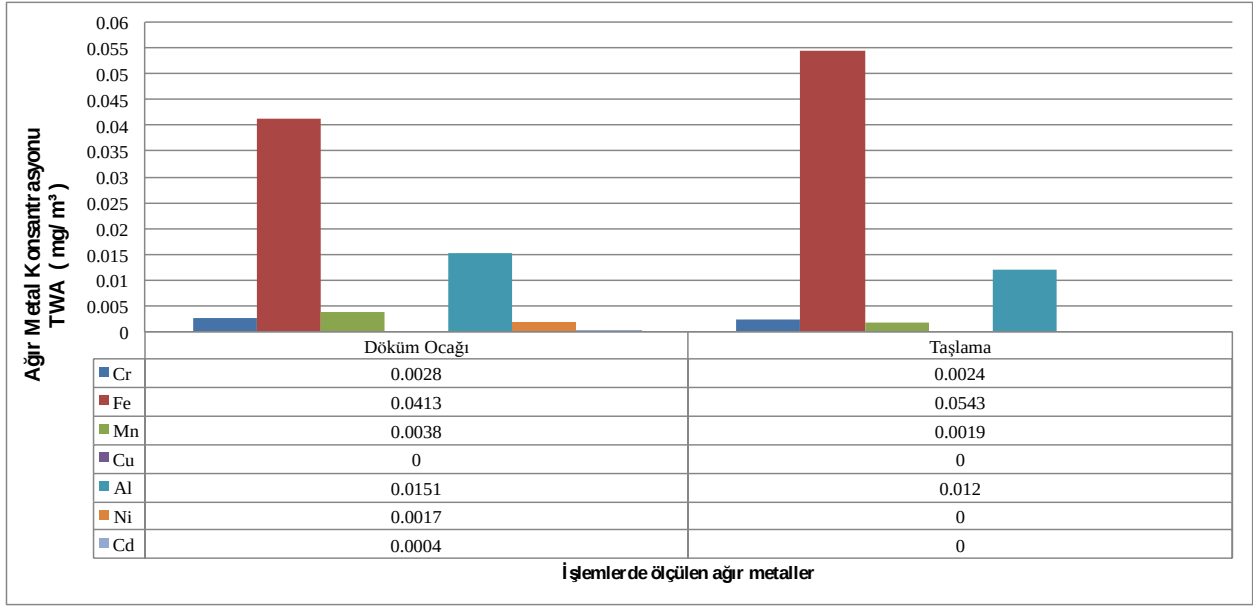
Tablo 4.6 D iş yerine ait ağır metal maruziyet analiz sonuçları

Numune Alma Tarihi Örnekleme Zamanı (dk)	Numune Alınan Bölüm	Cr	Fe	Mn	Cu	Al	Ni	Cd
240	Döküm Ocağı	0,4860	0,6730	T.E.D.B	T.E.D.B	T.E.D.B	0,0020	T.E.D.B
240	Taşlama	0,7170	0,8460	T.E.D.B	T.E.D.B	T.E.D.B	0,0140	T.E.D.B
Referans Sınır Değerler (mg/m³)								
Kimyasal Maddelerle Çalışmada Sağlık ve Güvenlik Önlemleri Hakkında Yönetmelik		2	-	-	-	-	-	-
OSHA – İş Güvenliği ve Sağlık İdaresi [46]		0,5	10	5	1	5	1	0,005
NIOSH – Amerikan Ulusal İş Sağlığı ve Güvenliği Enstitüsü [47]		0,5	5	1	1	5	0,015	9
ACGIH - Amerikan Ulusal İş Sağlığı ve Güvenliği Enstitüsü [48]		0,5	5	0,1	1	5	0,1	-

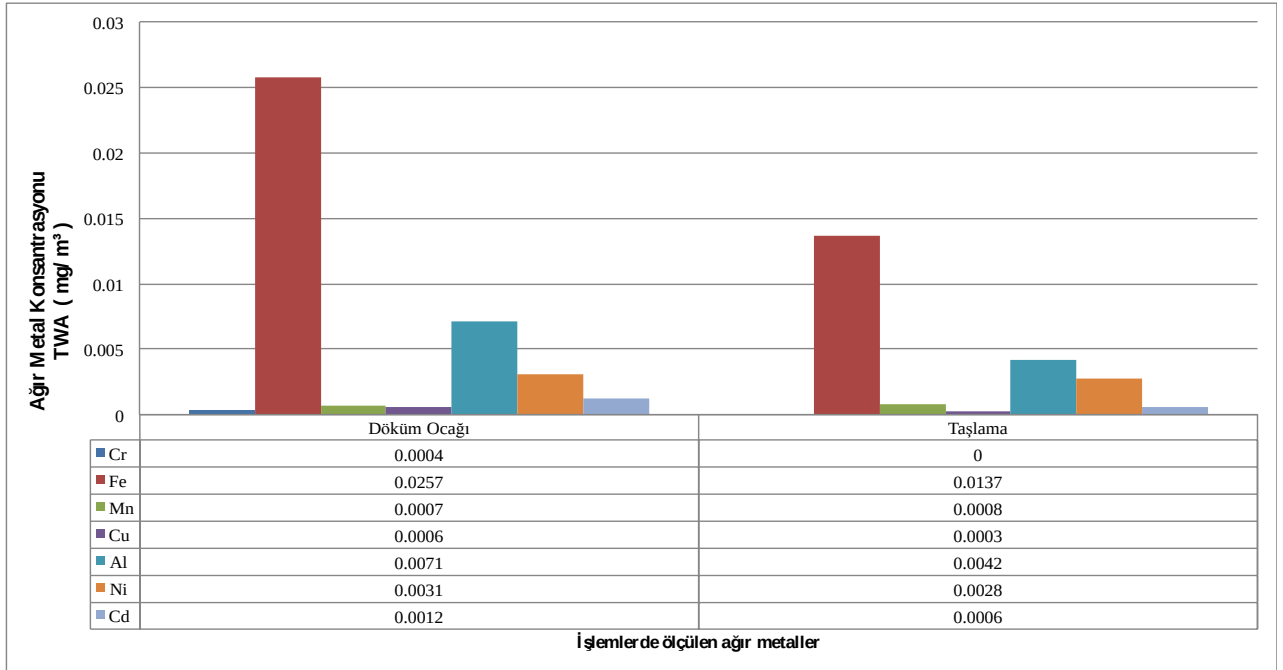
Demir dökümhanelerindeki ağır metal değerleri karşılaştırılırken iki farklı yöntem kullanılmıştır. Grafik 4.3'te demir dökümhanelerinin döküm ocaklarına ait ağır metal maruziyet değerleri gösterilirken Grafik 4.4, Grafik 4.5, Grafik 4.6 ve Grafik 4.7'de ise demir dökümhaneleri kendi içlerinde, ölçümlerin gerçekleştirildiği işlemlerden elde edilen ağır metal maruziyet değerleri gösterilmekte olup bölümler arası maruziyet karşılaştırmaları yapılmıştır.



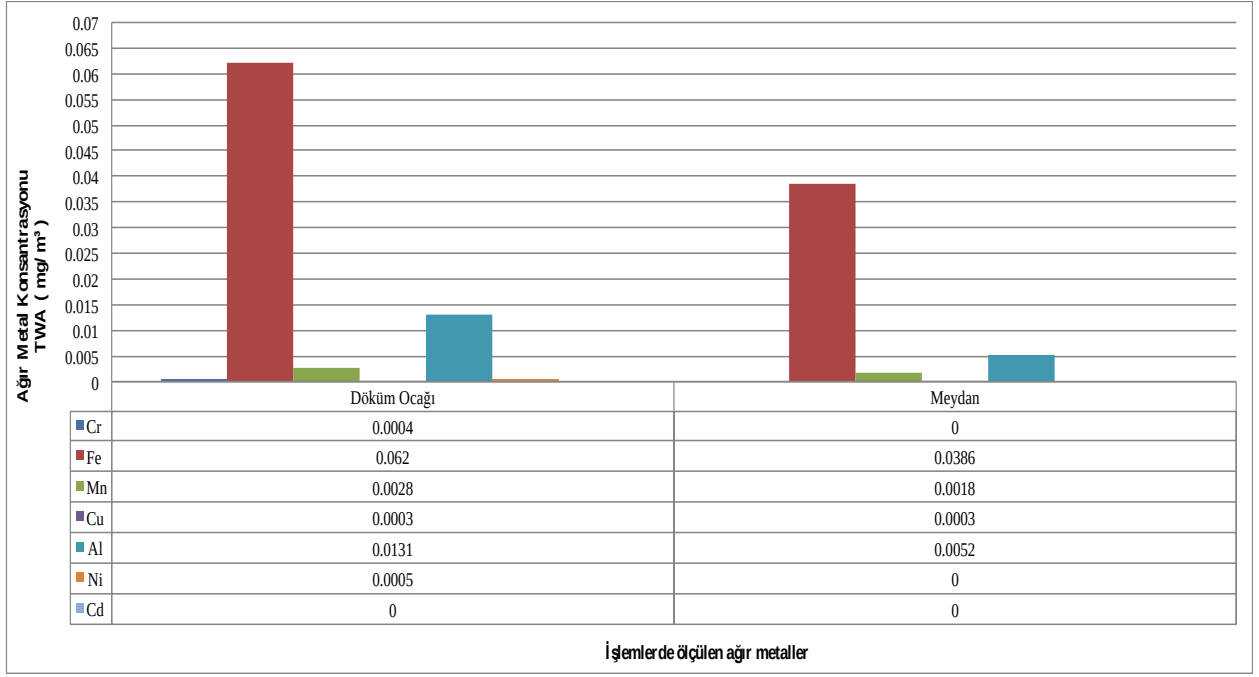
Grafik 4.3 Demir dökümhanelerindeki döküm ocaklarında ölçülen ağır metal sonuçlar



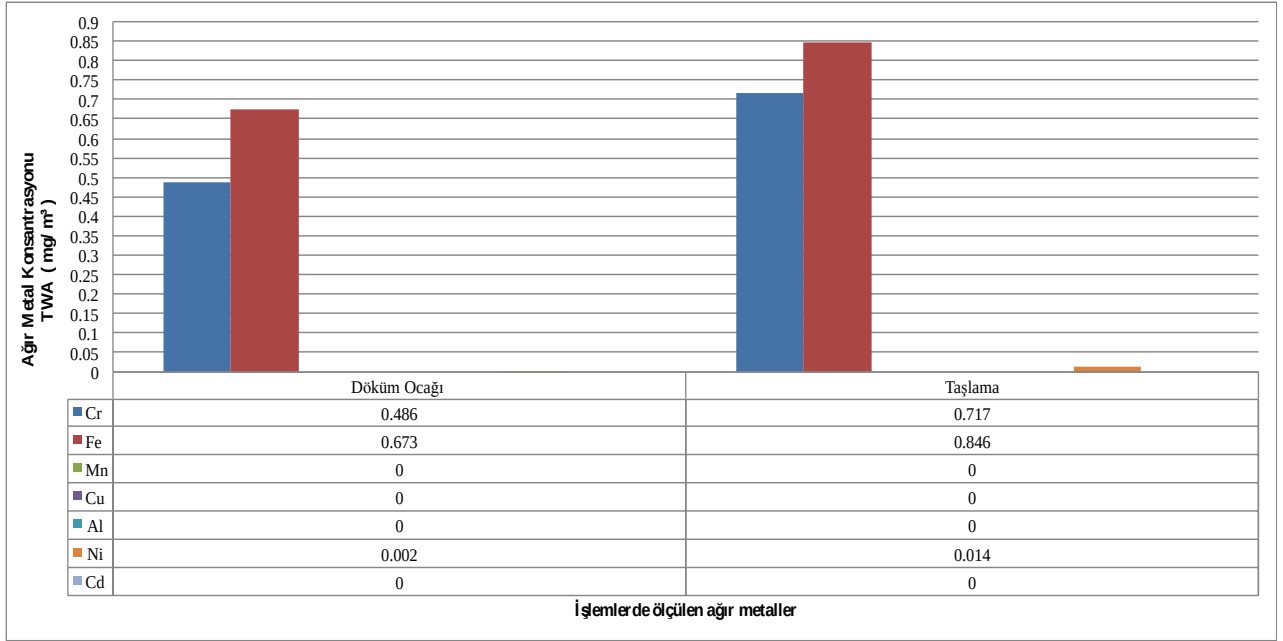
Grafik 4.4 A işyerine ait ağır metal ölçüm değerleri



Grafik 4.5 B işyerine ait ağır metal ölçüm değerleri



Grafik 4.6 C işyerine ait ağır metal ölçüm değerleri

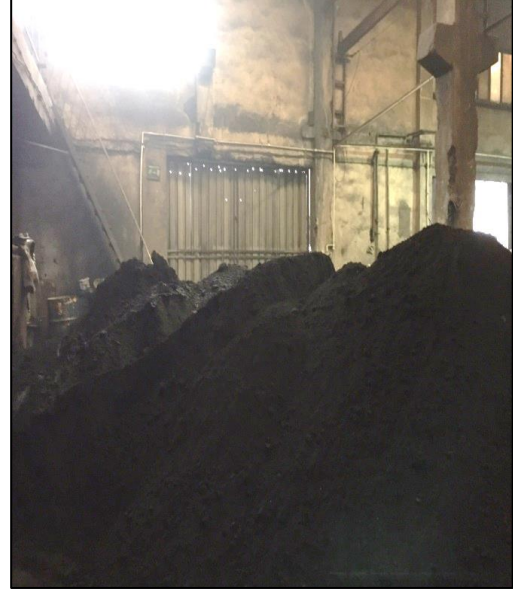


Grafik 4.7 D işyerine ait ağır metal ölçüm değerleri

Ölçüm yapılan demir dökümhaneleri göz önüne alındığında hemen hepsinin yetersiz havalandırmaya sahip olduğu, döküm ve maça kumlarının ortamda herhangi bir koruma alanı oluşturulmadan bulundurulduğu ile çalışanların kişisel koruyucu donanım kullanma konusunda eksiklikleri olduğu gözlemlenmiştir.



Resim 4.1 Ölçüm yapılan işyeri



Resim 4.2 Ölçüm yapılan işyeri

Resim 4.1 ve Resim 4.2’de ölçümün gerçekleştirildiği işyerlerine örnekler gösterilmektedir. Resim 4.3’de ölçüm yapılan işyerlerine ait maça kumunun işleme hazırlaması gösterilirken Resim 4.4’te ise yine ölçüm yapılan işyerine ait döküm sonrası ayrışma süreci gösterilmektedir.



Resim 4.3 Maça kumu hazırlama



Resim 4.4 Klasik yöntem ile dökümden kumu ayırma

5. TARTIŞMA

Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde demir dökümhanelerinde daha çok sağlık açısından çalışma görülmekle birlikte kimyasal etmenlerin tespiti ve bu etmenlerin çalışanların sağlığı üzerine etkilerini inceleyen çalışmalar da bulunmaktadır. Bu çalışmalarda genellikle solunabilir toz ölçümleri yapılmış olmakla beraber nadiren de olsa silis maruziyet değerlerine bakılanlara da rastlanmaktadır. Aşağıda bu çalışmalara örnek olacak literatür çalışmalarına yer verilmiş ve tez çalışması kapsamında elde edilen sonuçlar literatür ile karşılaştırılmıştır.

Demir dökümhanelerindeki toz maruziyeti çalışmaları içerisinde en önemlilerinden birisi olarak gösterilen Siltanen ve arkadaşları [49] tarafından 1976 yılında Finlandiya dökümhanelerindeki toz maruziyetini inceleyen çalışmada; demir, çelik ve demir dışı gruplara ait dökümhanelerde toplam toz, solunabilir toz ve silika maruziyetleri tespit edilmiştir. Çalışmaya göre demir dökümhanelerinde, en yüksek toz maruziyetleri kum karıştırma ve hazırlama ile derecelerin bozulması işlemleri sırasında gözlemlenmiştir. Makalede, solunabilir toz ile silis maruziyet değerleri analiz edilerek, aralarındaki korelasyonun yetersiz olduğu ifade edilmiştir. Siltanen ve arkadaşlarının yapmış olduğu çalışma ile bu tez kapsamında kum hazırlama, sarsakta derece bozma gibi işlemlerden elde edilen yüksek solunabilir toz değerleri ile aynı şekilde kum hazırlama, sarsak ve taşlama gibi işlerden sırasıyla elde edilen ortalama $6,72 \text{ mg/m}^3$, $4,63 \text{ mg/m}^3$ ve $5,15 \text{ mg/m}^3$ solunabilir toz değerlerinin benzerlik gösterdiği düşünülmektedir. İlave olarak, bu çalışma kapsamında elde edilen solunabilir toz ve silis maruziyet değerleri karşılaştırıldığında tıpkı Finlandiya'daki çalışmada olduğu gibi doğru bir orantının olmadığı da görülmüştür. Çünkü solunabilir tozun sınır değeri geçmediği durumlarda bile silis maruziyetinin yüksek olduğu tespit edilmiştir. Kumun dökümhane ortamında herhangi bir korunaklı alan oluşturulmadan bulundurulması, sarsak sisteminin kapalı olmaması ve düzenli kişisel koruyucu donanım kullanımının bulunmamasının bu duruma sebep olduğu düşünülmektedir.

Andersson ve arkadaşlarının [50] 2009 yılında İsveç'teki küçük ve orta ölçekli demir dökümhanelerinde gerçekleştirmiş oldukları kuvars ve solunabilir toz maruziyet çalışmasında kum hazırlama, ergitme, sarsakta derece bozma ve taşıma (temizleme) gibi işlemlerde yüksek toz ve silika maruziyetinin tespit edilmiş olduğu ifade edilmiştir. Andersson ve arkadaşlarının [50] yaptığı çalışmada demir dökümhanelerindeki solunabilir toz konsantrasyon değerleri $0,076 \text{ mg/m}^3$ ile 31 mg/m^3 arasında (TWA) değişiklik göstermiştir. Solunabilir silis maruziyetlerine bakıldığında ise %56'sının eşik sınır değeri geçtiği ifade edilmiştir. Ek olarak, uygun olmayan ya da tam koruma sağlamayan tüm maskelerde maruziyetin gözlemlendiği vurgulanmıştır. İsveç'te gerçekleştirilen çalışma ile bu tez çalışmasında elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında, her iki çalışma da küçük ve orta ölçekli demir dökümhanelerinde gerçekleştirilmiş olup bu tez çalışmasında elde edilmiş olan solunabilir toz değerlerinin $0,36 \text{ mg/m}^3$ ile $21,25 \text{ mg/m}^3$ arasında değiştiği ve silis maruziyet değerlerinden ise %53'ünün eşik sınır değeri aştığı tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçların makale ile benzerlik taşıdığı düşünülmektedir. Maruziyetlerin nedeninin havalandırma şartlarının yetersizliği, görev paylaşımının olmaması, üretim bölümlerinin birbirinden ayrılmamış olması ve yetersiz kişisel koruyucu donanım kullanımı kaynaklı olabileceği düşünülmektedir.

Jeong ve arkadaşlarının [51] 2013 yılında Güney Kore'deki demir dökümhanesinde gerçekleştirdikleri çalışmada en yüksek silika maruziyeti taşıma ve kum hazırlama işlemlerinde gözlemlenmiştir. Bu çalışma sonucu elde edilen değerlere göre serbest silis maruziyetinin F işyerindeki taşıma ile A, C ve E işyerlerindeki kum hazırlama bölümlerinde eşik sınır değerin üzerinde çıkmış olup makale ile örtüşmektedir. Tez çalışmasında ölçümlerin gerçekleştirildiği dökümhanelerde havalandırmanın eksikliği ve kişisel koruyucu donanım kullanımının yetersizliği göz önüne alındığında elde edilen sonuçların yine makale ile örtüştüğü düşünülmektedir. Makalede [51] forklift çalışanında maruziyetin fazla olduğuna değinilmiştir. Forklift çalışanı dökümhaneyi sürekli dolaşan personel olduğundan bu tez çalışmasında C işyerindeki meydana ve dökümhanede sürekli dolaşım halinde olan çalışanda tespit edilen yüksek silis maruziyetinin benzerlik taşıdığı düşünülmektedir.

Yukarıdaki literatür çalışmalarına ek olarak Akkurt ve arkadaşlarının [52] 1997 yılında Türkiye’de döküm sanayisi çalışanlarında yapmış oldukları çalışmada solunabilir toz ve silis maruziyetinin yüksek olduğu düşünülen maça hazırlama, otomatik kalıplama, el ile kalıp alma, taşlama, kalıp kapama ve sarsak işlemlerinin incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre taşlama işleminde $5,73 \text{ mg/m}^3$ ve sarsak işleminde $7,04 \text{ mg/m}^3$ solunabilir toz maruziyeti değerleri mevzuat değerinin üzerinde çıkmıştır. Bu tez çalışmasının, Akkurt ve arkadaşlarının [52] çalışması ile benzerlik gösterecek şekilde F işyerindeki taşlama işlemindeki $8,06 \text{ mg/m}^3$ ’lük değer ile D ve F işyerlerindeki sarsak işleminden elde edilen $6,10 \text{ mg/m}^3$, $8,23 \text{ mg/m}^3$ değerlerinin ulusal mevzuatın (5 mg/m^3) üzerinde çıkmıştır. Çalışmada [52], döküm çalışanlarındaki silikozis görülme oranının %12,8 olduğu ve madencilere göre bu hastalığa yakalanma sıklığının da 2 kat daha fazla olduğuna değinilmiştir. Makaledeki çalışma grubunun toza maruziyet süreleri 10 ± 4 yıl olarak belirtilmiştir. Bu tez çalışmasında ölçüm gerçekleştirilen demir dökümhanelerindeki toza maruziyet süresinin çalışanlarda en az 15 sene olduğu göz önüne alındığında benzer rahatsızlıkların bu tez çalışmasında ölçümlerin gerçekleştirildiği çalışanlarda da görülebilmesinin olası olduğu düşünülmektedir .

Ağır metal literatürüne bakıldığında ise, Jeong ve arkadaşlarının [51] 2013 yılında Güney Kore’deki demir dökümhanesinde gerçekleştirdikleri çalışmada ağır metal maruziyetine değinilmiş olup krom, mangan, demir konsantrasyonlarının yasal değerleri aşmamış olduğu ve ağır metal maruziyeti için taşlama işleminde krom konsantrasyonunun $0,007 \text{ mg/m}^3$ ile $0,013 \text{ mg/m}^3$, mangan konsantrasyonunun $0,003 \text{ mg/m}^3$ ile $0,013 \text{ mg/m}^3$ ve demir konsantrasyonunun $0,105 \text{ mg/m}^3$ ile $0,995 \text{ mg/m}^3$ arasında değiştiği belirtilmiştir. Döküm işleminde ise $0,005 \text{ mg/m}^3$ krom, $0,003 \text{ mg/m}^3$ mangan ve $0,103 \text{ mg/m}^3$ demir ölçülmüştür. Jeong ve arkadaşlarının [44] yaptığı çalışma ile bu tez çalışmasında elde edilen değerler karşılaştırıldığında, B işyerindeki taşlama işlemindeki değerlerin daha az olduğu görülmüştür. Döküm işlemleri göz önüne alındığında ise A işyerindeki krom değerinin ($0,0028 \text{ mg/m}^3$) ve C işyerindeki mangan konsantrasyonunun ($0,0028 \text{ mg/m}^3$) bu çalışma ile örtüştüğü düşünülmektedir. D dökümhanedeki gerek döküm gerekse çapakhanedeki taşlama işleminde demir ve krom konsantrasyonlarının ise Güney Kore’deki çalışmadan elde edilen değerlere göre çok daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. D işyerindeki eksik havalandırma ve kişisel koruyucu donanım kullanımında eksikliklerin bulunmasının sebep olduğu düşünülmektedir.

Uluslararası Kanser Araştırma Ajansı'nın [53] 2012'de yayınladığı makalede yer verilen 1996 – 1997 yılları arasında Danimarka'da gerçekleştirilmiş olan çalışmaya göre havada oldukça düşük yoğunlukta olduğu tespit edilen mangan konsantrasyonuna rağmen çalışanların kanlarında referans değerinin üzerinde mangan konsantrasyonuna rastlandığı ifade edilmiştir. Buna göre her ne kadar ağır metalleri sınır değerlerin altında olsa da insan sağlığına etkisi oldukça fazla olup düşük konsantrasyon değerlerinin elde edilmesi bu durumun zararsız olacağı anlamı taşımamaktadır. Bunun nedeni ise, ağır metal maruziyetinin tıpkı diğer kimyasal maruziyetler de olduğu gibi kümülatif etkisinin çalışan sağlığına zarar vermesi olarak gösterilmiştir. Bu tez çalışmasında elde edilen ağır metal konsantrasyonları da sınır değerlerin altında bulunmuştur. Ancak, sonuçlar referans değerlerin altında olsa da, ağır metallerin vücutta birikimi göz önünde alındığında Türkiye'deki demir döküm çalışanlarının kanlarında da benzer olarak ağır metal değerlerinin yüksek çıkabileceği düşünülmektedir.

Hamzah ve arkadaşlarının [54] 2015 yılında Malezya'da döküm işçileri üzerinde sağlık taraması amaçlı gerçekleştirdiği çalışma, kobalt, krom ve nikel metallerine ait konsantrasyon değerleri ile çalışanların solunum rahatsızlıklarını karşılaştırmaktadır. Buna göre sonuçlar mevzuat değerinin altında çıkmış olup en yüksek krom ve nikel konsantrasyonunun döküm işleminde olduğu tespit edilmiştir. Çalışmada ağır metal maruziyeti ile solunum rahatsızlıklarının belirlenmesinde sadece ortam sonuçlarının etkili olmadığı buna ek olarak çalışanların yaşları ve maruziyetin süresi gibi bilgilerin de çalışılması gerektiği vurgulanmıştır. Bu tez çalışması ile elde edilen krom ve nikel konsantrasyon değerleri döküm işleminde yüksek çıkmıştır. Ek olarak, Türkiye'deki dökümcü profiline bakıldığında yaş ortalamasının yüksek olduğu (35 yaş ve üzeri) ve döküm sektöründeki en yeni çalışanın en az 15 senelik usta olduğu bilinen bir durum olup işverenler ve çalışanlar ile yapılan görüşmeler sonucu tespit edilmiştir. Türkiye'de demir dökümhaneleri çalışanlarına yönelik ağır metal maruziyeti çalışmalarının olmaması ve Malezya ile ülke profillerinin benzeştiği öngörüldüğünden gerçekleştirilen araştırmanın bu tez çalışması ile benzerlik gösterebileceği düşünülmektedir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasının kapsamı demir dökümhanelerindeki toz, silis ve ağır metal maruziyet durumlarının değerlendirmesi ve çözüm önerileri olup bu çalışma işletmelerin üretim süreçlerindeki toz, silis ve ağır metal maruziyet durumları, alınabilecek önlemler ve çalışanların kişisel koruyucu donanım (KKD) kullanım durumlarının da gözden geçilmesine imkân sağlamıştır. İşletmelerin çoğunun, maruziyetler ile ilgili bir bilgi sahibi olmadığı gözlenmiştir. Bu işletmelere toz, silis ve ağır metal maruziyetlerinin ortaya çıkarabileceği olumsuzluklar hakkında bilgi verilmiştir. Tez çalışması sonucunda aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

- ✓ İşletmelerin %33'ünde tespit edilen solunabilir toz maruziyet değerleri ulusal mevzuattaki 5 mg/m³'lük sınır değerın üzerindedir.
- ✓ A işyerindeki kum hazırlama işleminden elde edilen toz konsantrasyon değeri mevzuat sınır değeriinden 4 kat, HSE'nin belirlediğı sınır değeriinden 5 kat ve ACGIH'in belirlediğı sınır değeriinden ise 7 kat daha yüksektir.
- ✓ A işyerine ait kalıplama işleminden elde edilen toz maruziyet değeri mevzuatta belirtilen değeriinden yaklaşık 3 kat, HSE'nin belirlediğı değeriinden yaklaşık 4 kat ve ACGIH'in önerdiği değeriinden ise yaklaşık 5 kat daha yüksektir.
- ✓ F işyerinde ölçüm yapılan tüm işlemlerdeki solunabilir toz konsantrasyon değeriileri hem ulusal hem de uluslararası sınır değeriilerden yüksektir.
- ✓ Ölçüm yapılan işletmelerin tamamında ortamda silis bulunmakta ve silis maruziyet değeriilerinden %52'si ESD'nin üzerindedir.
- ✓ Kalıplama işlemlerinin tamamında silis konsantrasyonu ESD'den yüksektir.
- ✓ A, B, C, D, E ve F işletmelerindeki en az bir işlemden elde edilen silis maruziyet değeri de ESD'nin üzerindedir.
- ✓ Silis maruziyeti, solunabilir toz maruziyetinin düşük çıktığı işlemlerde dahi bulunmaktadır.

- ✓ Solunabilir toz maruziyeti ile silis maruziyeti farklı tür etkilere sahiptir. Düşük solunabilir toz konsantrasyonun olduğu durumlarda yüksek miktarda serbest silis olabileceğinden, silis analizlerinin özellikle kum hazırlama, sarsakta derece bozma ve kalıplama işlemlerinde ölçülmesi gerekmektedir.
- ✓ Ağır metal analiz sonuçlarına göre demir dökümhanesi ana girdisi demir (Fe) metali tüm noktalarda mevcuttur.
- ✓ Krom (Cr) metali bir noktada referans değerlerin üzerinde çıkmış olup demir (Fe) metalinden sonra en çok maruziyetin tespit edildiği ağır metaldir.
- ✓ Ağır metal sonuçlarının düşük çıkması bu metallerin çalışan sağlığına olan etkisini azaltmakta fakat yok etmemektedir. Her ne kadar, havadan alınan numunelerde bulunan ağır metal konsantrasyon değerleri düşük olsa da elde edilen bu sonuçlar çalışanlarda sağlık sorunlarına sebep olma noktasında oldukça önemlidir.
- ✓ İşletmelerin daha önce yaptırmış oldukları ölçüm raporlarına bakıldığında firmaların büyük kısmında gerekli toz ölçümlerini son beş yıldır yaptırmadığı görülmüştür. Ölçüm yaptırmış olanlar ise bu ölçümleri düzenli bir program dâhilinde gerçekleştirmemiş ve sadece solunabilir toz maruziyet değerleri belirlenmiş olup silis maruziyeti için çalışmalar yapılmamıştır. Bunun nedeni ise işletmelerde toz – silis tozu ayrımının bilinmemesinden kaynaklanmaktadır.
- ✓ Ağır metal maruziyetinin belirlenmesi konusunda ise sadece iki işletmede daha önce ölçüm ve analizler gerçekleştirilmiş olup bu ölçümler havadaki ağır metal maruziyetini belirlemeye yönelik olmuştur. Kanda ya da idrarda herhangi bir şekilde ağır metal bakıldığına ilişkin sağlık kaydı görülememiştir.
- ✓ İşletmelerin genelinde üretim teknolojilerinin oldukça eski olduğu ve ortam fiziki koşul ve donanımlarının iyi olmadığı görülmüştür. Ölçüm yapılan işyerlerinin pek çoğunda çalışanlarda, toz, silis ve ağır metal tehlikeleri konusunda bilinçsizlik ve bilgisizlik gözlemlenmiş olup uygun kişisel koruyucu donanıma sahip olsalar bile bunları düzenli kullanmadıkları gözlenmiştir. Bir diğer ifade ile işletmelerin büyük bir kısmında kişisel koruyucu ve donanım kullanımının olmadığı görülmüştür.

- ✓ İşletmelerdeki sağlık raporları incelendiğinde, hâlihazırda meslek hastalıkları ile ilgili sürecin devam ettiği dökümhanelerin pek çoğunda gözlenmiştir. Risk değerlendirmesine ilişkin çalışmalara ise yeni başlandığı tespit edilmiştir.
- ✓ Hammadde olan maça kumunun ve döküm kumunun düzenli bir şekilde tutulmaması, dökümhanede döküm yapılan yerde bulunması ile tozun ciddi bir sorun olduğu klasik anlamda dökümcülük ile uğraşan firmalardan elde edilen ölçüm sonuçları gereken önlemlerin alınmaması ile birlikte şaşırtıcı olmamaktadır.
- ✓ İncelemeler sırasında işyerlerinin çoğunda dinlenme saatlerinin çalışma ortamında gerçekleştirildiği sadece yemek arasında çalışanların ortamdaki bir saat süre ile uzaklaştığı görülmüştür. Bu durumun, her ne kadar ağır metal sonuçları düşük çıksa da gerek ağır metal maruziyeti gerekse toz ve silis maruziyeti açısından uzun süreli çalışma sürelerinde çalışanlar üzerinde ciddi sağlık etkilerine sebep olacağı düşünülmektedir.
- ✓ Yapılan saha ziyaretlerinde dökümhanelerin birkaçında herhangi bir işlem olmamasına rağmen ortamda oldukça fazla tozun bulunduğu gözlemlenmiştir. Bunun nedeni ise dökümhane konumunun rüzgâr yönüne doğru konumlandırılmasıdır. Bu sebep ile dökümhanede hiçbir uygulama olmasa bile rüzgârın şiddetli olduğu zamanlarda eksik paravan/koruyucunun da etkisi ile ortamda gereğinden fazla toz görülmektedir.
- ✓ Bu tez çalışması sonucunda Dökümhaneler için toz ile mücadele rehberi hazırlanmış olup Ek 4'te gösterilmektedir.

Döküm sanayi doğası gereği oldukça yoğun tozun ortaya çıktığı bir iş koludur. Ancak, iyileştirme çalışmalarının da oldukça fazla olduğu ve buna imkan sağlayan bir sektördür. Ziyaret edilen dökümhanelerden bir kısmında en son teknoloji ile üretim gerçekleştirmekte olup toz, silis ve ağır metal maruziyetlerinin önlenmesi için pek çok mühendislik çalışmasının bulunduğu da görülmüştür. Buna göre iyi uygulama örneklerinin incelendiği dökümhanelerdeki gözlemler aşağıdaki şekildedir:

- ✓ Mevcut dökümhanelerde iş sağlığı ve güvenliği kurulunun varlığı, düzenli gerçekleştirilen fiziksel ve kimyasal ölçümlerin gerçekleştirildiği ve çalışanların periyodik eğitimleri (3 ayda bir) yapılmaktadır.
- ✓ Tozu önlemek için kapalı sarsak sistemi, hem lokal hem de genel havalandırma, döküm ve maça kumunun kapalı bir alanda mümkünse dökümhane dışarısında bir alanda bulundurulması, otomatik kum taşıma ve karıştırma sistemleri ile işleme uygun kişisel koruyucu donanım uygulaması bulunmaktadır.
- ✓ Ağır metal maruziyetini önlemek için ise yine uygun havalandırma, taşlama ve maça gibi çok sayıda çalışanın bir arada ve yan yana bulunduğu işlemlerde çalışanlar arası ayırıcı (paravan, duvar, gibi) bulundurulması, kişisel koruyucu donanımın düzenli ve sürekli kullanımı ile mevcut maruziyet kaynaklarının en aza indirilmesinin amaçlandığı görülmüştür.
- ✓ İyi uygulama örneklerinin incelendiği dökümhaneler üretimlerinin çok büyük bir kısmını yurtdışına gerçekleştirdiklerinden yasal denetimlerin yanı sıra uluslararası denetim sistemlerine de tabii olmaktadır. Bir diğer ifade ile mevcut şirketler ISO 9001:2008, ISO 14001:2004, OHSAS 18001:2007'nin yanı sıra, Bureau Veritas, Lloyd's Register, Det Norske Veritas Approval of Manufacturer Certificate, Germanischer Lloyd, American Bureau of Shipping, TUV Rheinland Quality Management System for Material Manufacturer, ABS Certificate of Casting Facility and Process Approval gibi hem malzeme ve ürün kalitesini hem de iş sağlığı ve güvenliği denetimini kapsayan uluslararası sertifikalara sahiptir. Bunun yanı sıra, ihraç edilen firma tarafından ürün kalitesi ile de iş sağlığı ve güvenliği çalışmalarını da kapsayacak şekilde toplam kalite kontrolde düzenli olarak tabii olmaktadır. Ek 3'te iyi uygulama görselleri gösterilmektedir.

Bu tez çalışması ile demir dökümhanelerindeki önemli maruziyet kaynakları arasında yer alan toz, silis ve ağır metal konsantrasyonları belirlenmiştir. Mevcut maruziyetlerin en aza indirilmesi için önleyici mühendislik önlemlerinin alınması gerekmektedir. Kontrol hiyerarşisi çözüm önerilerinin sunulması noktasında oldukça önemlidir. Buna göre en temel basamak tehlikenin kaynağında yok edilmesidir. Ardından ise daha az tehlikeli bir ürün/malzeme ile ikame, daha sonra mühendislik yenilikleri ile kapalı üretime geçilmesi, uyarı ve yönergeler ve en sonunda ise kişisel koruyucu donanım kullanımı uygulamaları gerçekleştirilmelidir. Bu hiyerarşi, demir dökümhanelerinde gözlemlenen toz, silis ve ağır metal maruziyetlerinin azaltılmasına yönelik bir şekilde yapıldığında ise aşağıdaki çözüm önerileri ortaya çıkmıştır.

- ✓ Dökümhane konumunun bölgenin iklim koşullarına ve rüzgârın yönüne göre yerleştirilmesi gerekmektedir. Böylece rüzgar kaynaklı aşırı tozuma engellenerek dökümhanede oluşabilecek fazla tozun önüne geçilecektir.
- ✓ Eski teknolojik sistemin gerek işlemlerin iyileştirilmesi gerekse maruziyetlerin azaltılması için yeni teknoloji ile değiştirilmesi gerekmektedir. Klasik sistem ile kum ile dökümün ayrılması yerine yukarıdan çekişli ve kapalı sarsak sistemini kullanılması buna örnek gösterilebilir (Ek 3'te gösterilmektedir).
- ✓ Dökümcülük sektörü, Tehlike Sınıfları Tebliği'ne göre çok tehlikeli sınıfta bulunduğu için iş sağlığı ve güvenliği ölçüm, analiz ile çalışanların sağlık kontrollerinin mevzuata göre işlemlerde herhangi bir değişiklik olmadığı takdirde iki senede bir gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Ancak, tedbir amaçlı olarak silis maruziyetinin ortaya çıkması muhtemel üretim işlemlerinde kapalı ya da modern üretimin gerçekleştirilmediği işletmelerde ise iki yıldan daha az bir sürede tekrarlanması faydalı olacaktır.

- ✓ Silis maruziyetinin önüne geçebilmek amacı ile silika içeriği az olan olivin ya da zirkon kumu ve silika içermeyen kromit kumunun kullanımı teşvik edilmelidir. Böylece, silise göre daha az zararlı olan bu kumların teşvik edilmesi ile ortaya çıkabilecek hastalıklar da önlenebilecektir.
- ✓ Açıkta depolanan hammaddeler rüzgâr gibi dış etkenler ile birlikte kaçak toz oluşumunu tetiklemektedir. Bunun önüne geçebilmek için depolanma alanlarının üretim yerinden ayrı olması, hammaddelerin kapalı bir şekilde depolanması ve dış etmenlerin hammaddelere müdahalesinin en aza indirilmesi gerekmektedir.
- ✓ Ortamda oluşan tozu önleyebilmek amacı ile zeminler sulu ya da vakumlu sistem ile temizlenmelidir.
- ✓ Dökümhane içindeki temiz havanın beslenmesi ve üretim sırasında ortaya çıkan tozun giderilmesini hedefleyen sistemler, ortamda bulunan tozun yoğunluğunu azaltmak açısından oldukça önemli olup; kullanılan hava filtrelerinin düzenli kontrol ve bakımlarının da yapılması gerekmektedir.
- ✓ Taşlama gibi metal tozu maruziyetinin çok olduğu bölümlerde araya tozun dökümhane içerisine ve özellikle yan tarafta aynı işlemi yapan çalışana gelmesini engellemek için bu bölümü diğer alanlardan ayıran paravan, perde gibi sistemler kullanılmalı böylece toz izole edilerek dağılımı azaltılmalıdır. (Ek 3'te gösterilmektedir).

- ✓ Kişisel Koruyucu Donanım kullanımında gerçekleştirilen işleme uygun ürün seçilmelidir. Döküm işlerinde solunum koruyucu olarak Avrupa Standardı EN 149:2001 + A1:2009'a göre FFP3 tip solunum koruyucu kullanılmalıdır. Bu filtre en yüksek düzeyde koruma sağlamakta olup toz, silis ve metal dumanını da içerisine alan toksik ve kansorejen tozlar ve aerosoller için kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra, EN 140:1998'e uygun tekrar kullanılabilir yarım yüz maskeleri içerisine yerleştirilmekte olan EN 143:2000 + A1:2006'ya göre solunabilir partiküllerin %99,95'ini tutmakta olan parçacık (partikül) filtrelerden olan P3 ve P3R kullanılmalıdır. Yapılan işlemde metal buharının fazla olduğu durumlarda (döküm, ocak çevresi, taşlama vs) EN 140:1998'e tekrar kullanılabilir uygun yarım yüz maskeleri içerisine EN 14387:2004 + A1:2008'e uygun ABE, ABEK 1 ya da ABEK2P3 R filtreler ile çalışma gerçekleştirilmelidir.
- ✓ Elektrostatik çekimin önlenmesi amacı ile iş kıyafetlerinin % 50 keten, % 50 polyesterden yapılmış olması gerekmektedir. Böylece toz ve silis çalışanlar üzerinde daha az tutunabilecektir.
- ✓ Ergitme (döküm) ocaklarında temizliğin alttan çekişli ızgaralar yardımı ile yapılması ortaya çıkabilecek metal tozunu engelleyecektir.

7. KAYNAKÇA

- [1] T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, *Döküm Sektörü Rehber Doküman*, Türkiye, 2012.
- [2] Stellman, J.M., *Metal processing and metal working. Encyclopedia of Occupational Health and Safety*, International Labour Office, Sayfa: 56 – 82, Geneva, 1998.
- [3] Wood, G.W. ve Langer L.E., *Casting technology, Metals Handbook*, Casting Metal Park Press, Sayfa:15, 347 – 385, Ohio, 1988.
- [4] Döküm Sektörü Tarihsel Gelişimi, <http://www.tudoksad.org.tr/sektor-hakkinda/dokum-sektoru-tarihsel-gecmisi/> (Erişim Tarihi: 10/09/2015)
- [5] Dünya Döküm Rakamları, *Türkdöküm Dergisi*, Sayı 37, Sayfa: 37 – 41, 2015.
- [6] American Foundry Society, *Modern Casting: Census of World Casting Production*, Sayı: 48, Sayfa: 17 – 21, 2014.
- [7] US Environmental Protection Agency, *Spent Foundry Sand*, <https://www3.epa.gov/epawaste/conservation/imr/foundry/> (Erişim Tarihi: 17/06/2016)
- [8] Başar, H. M., Aksoy, N. D., Recovery Applications of Waste Foundry Sand, *Sigma Journal of Engineering and Natural Sciences*, Sayfa: 205 – 224, 2012.
- [9] T.C Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, “Türkiye’de Sanayiden Kaynaklanan Tehlikeli Atıkların Yönetiminin İyileştirilmesi: Life Hawaman Projesi”, *Döküm Sektörü Rehber Doküman*, Ankara, 2009.
- [10] Guney Y., Sari Y.D., Yalcin M., Tuncan A., Donmez S., Re-usage of Waste Foundry Sand in High-Strength Concrete, *Waste Management*, Sayfa: 1705-1713, 2010.
- [11] Siddique R., Schutter G., Noumowe A., Effect of Used-Foundry Sand on the Mechanical Properties of Concrete, *Construction and Building Materials*, Sayfa: 976 - 980, 2009.
- [12] Bozkırdan Sanayinin Başkentine Ankara Sanayi Tarihi, *Ankara Sanayi Odası Dergisi*, Sayfa: 20, 2013.
- [13] The European Foundry Association, *2014 Production Statistics Report*. <http://www.caef.org/downloads/kategorie.asp?kat=9> (Erişim Tarihi: 09/11/2015)
- [14] Türkiye Döküm Sanayicileri Derneği, *2013 Yılına Girerken Mevcut Durum: Türkiye Döküm Sanayi Rehberi*, Sayfa: 8 – 20, 2013.

- [15] Nair, F.ve Cerit A., Döküm Yöntemleri
http://www.alpercerit.com/dersnotu/3_Metal_Uretim_Teknikleri.pdf.
(Erişim Tarihi: 26/10/2015)
- [16] İş Sağlığı ve Güvenliğine İlişkin İşyeri Tehlike Sınıfları Tebliği,
<http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2016/02/20160220-3.pdf>,
(Erişim Tarihi: 08/10/2015)
- [17] Beeley, P., *Liquid metals and the gating of castings*, Foundry Technology (2. ed.), Sayfa: 15 – 50, Oxford, UK: Butterworth-Heinemann, 2001.
- [18] American Foundry Society, Guide to Casting and Molding Processes, *Casting Source Directory*, Sayfa: 1 – 7, 2006.
- [19] Gülmez, T., Metal Döküm Yöntemleri
<http://web.itu.edu.tr/gulmezt/IMAL%20USULLERI.html>.
(Erişim Tarihi: 25/09/2015)
- [20] Degarmo, E. P., Black, J T., Kohser, R. A., *Materials and Processes in Manufacturing* (9th ed.), Sayfa: 311 – 313, New York, 2003.
- [21] Campbell, J., *Castings* (2nd ed.), Sayfa: 277, Oxford, UK: Butterworth-Heinemann, 2003.
- [22] Çemaş Döküm Sanayi A.Ş., <http://www.cemas.com.tr/urun/alt/kategori/Ergitme/46>
(Erişim Tarihi: 15/10/2015)
- [23] Aran, A., Döküm Teknolojisi,
<http://www2.isikun.edu.tr/personel/ahmet.aran/dokum.pdf>.
(Erişim Tarihi: 15/10/2015)
- [24] Beeley, P., *Production techniques*, Foundry Technology (2. ed.), Sayfa: 525 – 546, Oxford, UK: Butterworth-Heinemann, 2001.
- [25] Harold, T. A., *Cast Iron: Physical and Engineering Properties*. Sayfa: 25 – 34, Butterworths, London, 1976.
- [26] Kurşun, İ., ve İpekoğlu B., Türkiye Kuvars Kumu Potansiyeline Genel Bir Bakış, Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, Sayfa:171, Türkiye, 1995.
- [27] Aran, A., Çapan, L., Kargı, S., Anık, S. & Yiğın, A., *Makine Mühendisleri El Kitabı*, Sayfa: 15 – 17, Ankara, 1994.
- [28] Atlı, A. K., Dökümhanelerde İşçi Sağlığı Sorunları, *Mesleki Sağlık ve Güvenlik Dergisi*, Sayfa: 6, 19 – 20, 2001.
- [29] Bilir, N., ve Yıldız, A.N., *İş Sağlığı ve Güvenliği*, Hacettepe Üniversitesi Yayınları, Sayfa: 147 – 152, Ankara, 2004.

- [30] T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü, *İSGİP Çalışma Yaşamında Sağlık Gözetimi Rehberi*. Sayfa: 136 – 139, Ankara, 2012.
- [31] Ünlü, N., Turan, A., Odabaşı, A., Eruslu, M. N., Döküm Sektöründe Silikozis: Riskler ve Önlemler, 7. Uluslararası Ankiros Döküm Kongresi, Sayfa: 3, İstanbul, 2014.
- [32] T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü, *İSGİP Meslek Hastalıkları ve İş ile İlgili Hastalıklar Tanı Rehberi*. Sayfa: 183 – 188, Ankara, 2012.
- [33] Health and Safety Executive, *Control of exposure to silica dust, A guide 5 for employees*, <http://www.hse.gov.uk/pubns/indg463.pdf>, Sayfa: 1 – 4 (Erişim Tarihi: 29/01/2016).
- [34] World Health Organization, *Crystalline Silica, Quartz: Concise International Chemical Assessment Document*, Sayı: 24, Sayfa: 19, Geneva, 2000.
- [35] Sax, N. I. ve Lewis, R. J., *Hazardous Chemicals Desk Reference*, Sayfa: 582 – 583, New York, 1987.
- [36] Önal, B., Yıldız, A. N., *Metal İşkolunda Meslek Hastalıkları*, Türk Metal Yayınları, Sayfa: 58, Ankara, 2014.
- [37] Health and Safety Executive, *Molten metals (Foundries)*, <http://www.hse.gov.uk/lung-disease/molten-metals-foundries.htm> (Erişim Tarihi: 02/02/2016)
- [38] T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü, *İSGİP Meslek Hastalıkları ve İş ile İlgili Hastalıklar Tanı Rehberi*, Sayfa: 29 – 83, Ankara, 2012.
- [39] Kayır, Y.Z., Koryay, İ., ve Karaköse, B., *Ankara Dökümcüler Kataloğu*, Madeni Dökümcüler Odası, Ankara, 2004.
- [40] Gunnarsson, L., *Exposure to Respirable Dust and Cardiovascular Disease Mortality Among Swedish Iron Foundry Workers*, Sweden, 2015.
- [41] Work Safe Advisory Service, *Your Health and Safety Guide to Foundries*. (1. Ed) Sayfa: 7 – 8, Melbourne, 2007.
- [42] Health and Safety Executive, *MDHS 14/3 General methods for sampling and gravimetric analysis of respirable and inhalable dust*, 2000.

- [43] Türk Standartları Enstitüsü, *TS EN 689: İşyeri Havası- Solunumla maruz kalınan kimyasal maddelerin sınır değerler ile karşılaştırılması ve ölçme stratejisinin değerlendirilmesi için kılavuz*, 2002.
- [44] Health and Safety Executive, *MDHS 101/2 Crystalline silica in respirable airborne dust*, 2014.
- [45] Occupational Safety and Health Administration, *OSHA ID – 142: Quartz and Cristobalite in Workplace Atmospheres*, 2015.
- [46] Occupational Safety and Health Administration, *Metal & Metalloid Particulates In Workplace Atmospheres (Atomic Absorption)*, 2002.
- [47] The National Institute for Occupational Safety and Health, *Niosh 7048: Cadmium and compounds, as Cd. Niosh 7024: Chromium and compounds, as Cr, Niosh 7029: Copper (dust and fume). Niosh 7029: Copper (dust and fume). Niosh 7029: Copper (dust and fume). Niosh 7013: Aluminum and compounds, as Al*, 1994.
- [48] The American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH), https://www.osha.gov/dts/chemicalsampling/data/CH_259635.html (Erişim Tarihi: 05/01/2016)
- [49] Siltanen E., Koponen M., Kokko A., Engström B., Reponen J., Dust exposure in Finnish foundries, *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, Sayfa: 19 – 31, 1976.
- [50] Andersson, L., Bryngelsson I. L., Ohlson, C.G., Naystörn, P., Lilja, B. G., Westberg, H., Quartz and Dust Exposure in Swedish Iron Foundries, *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, Sayfa: 9 – 1, 2009.
- [51] Jeong, I., Ryu, I., Kim, B., Park, I., Won, J. U., Kim, E., A., ... Roh, J. Two Cases of Lung Cancer in Foundry Workers, *Annals of Occupational And Environmental Medicine*, Sayfa: 1 – 5, 2013.
- [52] Akkurt, İ., Şimşek, C., Erdem, N., Keleşoğlu A., Sevgi, E., Ardiç, S., ...Sabır, H. Döküm İşçilerinde Akciğer Bulguları, *T Klin Tıp Bilimleri*, Sayfa: 28 – 31, 1997.
- [53] International Agency For Research on Cancer. *Occupational Exposures During Iron and Steel Founding*, Sayfa: 497 – 507, 2012.
- [54] Hamzah, N., A., Tamrin, S., B., M., İsmail, N. H. Metal Dust Exposure and Respiratory Symptoms among Steel Workers: A Dose – Response Relationship, *International Journal of Collaborative Research on Internal Medicine & Public Health*, Sayfa: 24 – 39, 2015.

8. ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

SOYADI, Adı : YAVUZ, Fatma Gülesin
Doğum tarihi ve yeri : 31.03.1988, Ankara
Telefon : 0 (312) 257 16 90/1208
E-Posta : gulesin.yavuz@csgb.gov.tr



Eğitim

Derece	Okul	Mezuniyet tarihi
Yüksek Lisans	Ankara Üniversitesi/ Kent ve Çevre Bilimleri	-
Lisans	Orta Doğu Teknik Üniversitesi/ Çevre Müh .	2011
Lise	Bahçelievler Deneme Lisesi	2006

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2012	DOKAY Mühendislik	Çevre Mühendisi
20012- (Halen)	Çalış. ve Sos. Güv. Bak.	İş Sağlığı ve Güvenliği Uzm. Yrd.

Yabancı Dil

İngilizce (YDS-2014: 75)

Farsça (Uluslararası Farsça Eğitim Merkezi)

Mesleki İlgi Alanları

Toz, Silis, Ölçüm metotları

9. EKLER

EK 1



T.C.
ÇALIŞMA VE SOSYAL GÜVENLİK BAKANLIĞI
İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ
(İSGÜM)

%SiO₂ ve ESD HESAPLAMA PROGRAMI

Numune Kodu :	1. işyeri	
Numune Alma Tarihi :		
Numune İlk Tartım :	5,78663	gram
Numune Son Tartım :	5,79983	gram
Örnekleme Zamanı :	240	dakika
Akış Hızı Ortalaması :	2,2	l/dk
Kör numune ilk tartım :	5,69643	gram
Kör numune son tartım :	5,69681	gram
Günlük Maruziyet Süresi :	7	saat
Analiz Sonucu (SiO ₂) :	0,0173	mg

Solunabilir Toz (ZAO,TWA) : 21,25 mg/m³

% SiO₂ : 0,14

SONUÇLAR	ESD 1:	37,47	mg/m ³ →Çimento, Grafit(doğal), Mika, Talk, Sabuntaşı türü tozlar İçin
	ESD 2:	2,4	mg/m ³ →Kömür Tozu için
	ESD 3:	4,68	mg/m ³ →Silika(kristal yapıda)Alveole ulaşabilir Kuvars için(Maden Taş Ocaklarında)
	ESD 4:	2,34	mg/m ³ → Kristobalit ve Tridimit Miktarı

Şekil A.1 Silis analiz sonucu örneği



T.C.
ÇALIŞMA VE SOSYAL GÜVENLİK BAKANLIĞI
İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ
(İSGÜM)

GRAVİMETRİK TOZ HESAPLAMA TABLOSU

Sıra No	Numune Alma Tarihi	Numune Kodu	Filtre No	Numune İlk Tartım (gram)	Numune Son Tartım (gram)	Örnekleme Zamanı (dakika)	Akış Hızı Ortalaması (l/dk)	Kör Numune Filtre No	Kör Numune İlk Tartım (gram)	Kör Numune Son Tartım (gram)	Maruziyet Süresi (saat)	SONUÇ
1		1. işyeri	8	5,80982	5,81901	240	2,2	G10	5,69643	5,69681	7	14,6 mg/m ³
2			25	5,81499	5,81594	240	2,2	G10	5,69643	5,69681	7	0,94 mg/m ³
3			iz49	5,78663	5,79983	240	2,2	G10	5,69643	5,69681	7	21,25 mg/m ³
4												

Şekil A. 2 Solunabilir toz analiz sonuç örneği

Numune Kodu	A.Metal	Örnek. Süresi(dk.)	Numune Kons.(ug/mL)	Seyreltme Faktörü	Kör Kons.(ug/mL)	Numune Hacmi (mL)	Metal Kütlesi(mg)	İlk Akış(L/dk)	Son Akış(L/dk)	Akış Ort(L/dk)	Konst.(mg/m3)	Maruziyet Sür. (sa)	TWA
2015-PR-AN-84-AAS-HM-1	Cu	240	-0,0007	1,00	0,0007	100,00	0,00	2,000	2,000	2,000	-0,0003	7	-0,0003
2015-PR-AN-84-AAS-HM-2	Cu	240	0,0022	1,00	0,0007	100,00	0,00	2,000	2,000	2,000	0,0003	7	0,0003
2015-PR-AN-84-AAS-HM-1	Mn	240	0,0053	1,00	-0,0050	100,00	0,00	2,000	2,000	2,000	0,0021	7	0,0019
2015-PR-AN-84-AAS-HM-2	Mn	240	0,0157	1,00	-0,0050	100,00	0,00	2,000	2,000	2,000	0,0043	7	0,0038
2015-PR-AN-84-AAS-HM-1	Cr	240	0,0149	1,00	0,0020	100,00	0,00	2,000	2,000	2,000	0,0027	7	0,0024
2015-PR-AN-84-AAS-HM-2	Cr	240	0,0173	1,00	0,0020	100,00	0,00	2,000	2,000	2,000	0,0032	7	0,0028
2015-PR-AN-84-AAS-HM-1	Cd	240	0,0106	1,00	0,0123	100,00	0,00	2,000	2,000	2,000	-0,0004	7	-0,0003
2015-PR-AN-84-AAS-HM-2	Cd	240	0,0143	1,00	0,0123	100,00	0,00	2,000	2,000	2,000	0,0004	7	0,0004
2015-PR-AN-84-AAS-HM-1	Ni	240	0,0148	1,00	0,0375	100,00	0,00	2,000	2,000	2,000	-0,0047	7	-0,0041
2015-PR-AN-84-AAS-HM-2	Ni	240	0,0466	1,00	0,0375	100,00	0,00	2,000	2,000	2,000	0,0019	7	0,0017
2015-PR-AN-84-AAS-HM-1	Fe	240	0,3582	1,00	0,0601	100,00	0,03	2,000	2,000	2,000	0,0621	7	0,0543
2015-PR-AN-84-AAS-HM-2	Fe	240	0,2869	1,00	0,0601	100,00	0,02	2,000	2,000	2,000	0,0473	7	0,0413
2015-PR-AN-84-AAS-HM-1	Al	240	0	1,00	-0,0830	100,00	0,01	2,000	2,000	2,000	0,0173	7	0,0151
2015-PR-AN-84-AAS-HM-2	Al	240	-0,0170	1,00	-0,0830	100,00	0,01	2,000	2,000	2,000	0,0138	7	0,0120

Şekil A.3 Ağır metal analiz sonuç örneği

MDHS

*Methods for the Determination of
Hazardous Substances*
Health and Safety Laboratory



14/3

**General methods for
sampling and
gravimetric analysis of
respirable and inhalable
dust**

February 2000

INTRODUCTION

1 This MDHS aims to guide those who wish to measure the concentrations of respirable and/or inhalable dust in air, for the purpose of monitoring workplace exposure. It updates and replaces MDHS 14/2.¹ The principal change is that the recommended sampling procedures for inhalable dust have been revised to take account of new data comparing results obtained using different sampling methods for inhalable dust in a range of workplaces.² This revised guidance seeks to ensure the best possible method performance under real workplace conditions, and to ensure consistency with the requirements of European³ and International⁴ standards for workplace dust measurement.

Requirements of the Control of Substances Hazardous to Health (COSHH) Regulations 1999

2 Those who carry out and supervise the procedures described in this MDHS could be exposed to various hazardous substances, and therefore should be aware of the requirements of the COSHH Regulations.⁵ These are designed to ensure that the exposure of people at work to substances that could cause health damage is either prevented, or where that is not reasonably practicable, adequately controlled. Employers are required to make an assessment of the health risk created by such work, and to prevent or control exposure to the substances involved. The COSHH Regulations also require that persons who could be exposed to substances hazardous to health receive suitable and sufficient information, instruction and training. Employers must ensure that their responsibilities under the COSHH Regulations are fulfilled before allowing employees to undertake any procedure described in this MDHS.

3 Guidance is given in the Approved Codes of Practice for the Control of Substances Hazardous to Health Regulations (the General COSHH ACOP), the Control of Carcinogenic Substances Regulations (the Carcinogens ACOP) and the Control of Biological Agents Regulations (the Biological Agents ACOP), which are included in a single publication with the COSHH Regulations.⁶

Occurrence, properties and uses

4 A number of materials hazardous to health occur in the workplace in the form of aerosols, ie suspensions of solid or liquid particles in air. Dust is generally understood to be an aerosol of solid particles, mechanically produced, with individual particle diameters of 0.1 µm upwards. Fume is an aerosol of solid particles generated by condensation from the vapour state usually following the volatilisation of molten metals. The individual particle diameters are typically less than 1 µm, though the existence of multi-particle aggregates is common. Exposure limits have been defined for many individual dusts and fumes.⁷ In order to demonstrate that personal exposure is adequately controlled, it is usually necessary to determine the concentration of dust present by means of personal sampling. In some cases a direct determination of the dust concentration is all that is needed. In other cases a subsequent analytical technique is applied for the determination of a particular element or compound present in the dust.

5 This publication describes the general methods recommended for the sampling and gravimetric determination of dust concentrations; for some applications (listed in Appendix 1) modified techniques are required and the relevant guidance should be consulted. Where further analysis for specific constituents of the collected sample is required, reference should be made to the appropriate MDHS⁸ method sheet. HSE Guidance Note HSG173⁹ gives general guidance on workplace monitoring.

Health effects

6 Most industrial dusts contain particles of a wide range of sizes. The behaviour, deposition and fate of any particle after entry into the human respiratory system, and the response that it elicits, depends on the nature and size of the particle.¹⁰ For the purposes of occupational hygiene, it is important to consider the concentrations of dust present in different size fractions.

Şekil A.4 MDHS 14/3 Solunabilir tozların gravimetrik analizi ve örnekleme için genel metotlar

Crystalline silica in respirable airborne dust

Direct-on-filter analyses by infrared spectroscopy or X-ray

MDHS101/2

Methods for the
Determination of
Hazardous Substances
Health and Safety
Laboratory

Scope

- 1 This method describes a procedure for the determination of time-weighted average concentrations of respirable crystalline silica (RCS) either as quartz or cristobalite in airborne dust.
- 2 The method is suitable only when using air sample filters of 25 mm diameter or less.

Summary

- 3 A measured volume of air is drawn through a membrane filter mounted in a respirable dust sampler. The filter is then analysed directly by Fourier Transform infrared spectrometry (FTIR) or X-ray diffraction (XRD). The choice of analytical technique selected will depend largely on any potential interference present.
- 4 The method is suitable for the determination of quartz and cristobalite at a concentration of 20 µg to 1 mg on the 25 mm filter. Both FTIR and XRD responses are linear over this range.
- 5 The use of alternative methods not included in the MDHS series is acceptable provided they can demonstrate the accuracy and reliability appropriate to the application.

Recommended sampling

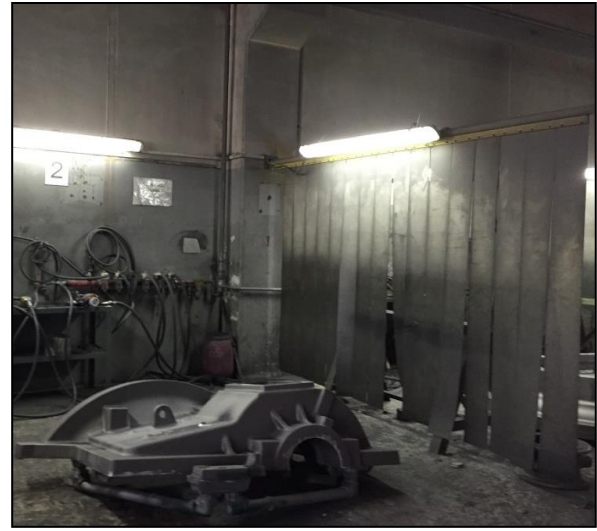
- 6 Long-term personal exposures: Maximum sampling time: 8 hours; Sampling flow rate and duration will depend on individual respirable sampler requirements and dust concentration (typically in the UK: 2.2 l.min⁻¹ for generic Higgins-Dewell type cyclone samplers); Sampled volume: up to 1056 litres.
- 7 Short-term exposures: This method is not suitable for the measurement of short-term exposures (15 minutes) when using samplers with flow rates of 2.2 l.min⁻¹ or less and high flow rate samplers (>4 l.min⁻¹) are required. High flow rate samplers often use collection filters with diameters larger than 25 mm to reduce back pressure on the pump. Air sample filters with diameters larger than 25 mm will require the use of an indirect method of analysis.^{1,2}
- 8 A longer sampling time ensures a heavier deposit on the filter and therefore reduces the limit of detection. Sampling times should therefore be as long as is reasonably practical (preferably not less than four hours). General guidance on workplace monitoring is given in HSG173.³

Şekil A.5 MDHS 101/ 2 Solunabilir havadaki toz içindeki kristalin silika metodu

EK 3



Resim A1 Dışarıdan toz girişini engellemek için kullanılan ayırıcı (plastik perde)



Resim A2 Taşlama işleminden kaynaklı toz maruziyetinin azaltılması için kullanılan ayırıcı (paravan)



Resim A3 Solunabilir toz ve silis maruziyetinin azaltılması için kullanılan kapalı sarsak sistemi örnekleri





Resim A4 Kumun, ayrı bir yerde depolanmasına dair örnekler



Resim A5 Uygun KKD kullanımı

Ek 4

Dökümhaneler İçin Tozla Mücadele Rehberi

Dökümhaneler İçin Tozla Mücadele Rehberi

Solunabilir Toz ve Silis Maruziyetinin Kontrolü



Hazırlayan

Fatma Gülesin Yavuz

İSG Uzman Yardımcısı

2016 - Ankara

GİRİŞ

Toz nedir?

Silika nedir?

Solunabilir Kristal Silika

Solunabilir Kristal Silika Nerede Bulunur?

Eğer Silis Sadece Kum ise Neden Tehlikelidir?

Yasal Mevzuat

Neler Yapılmalıdır?

Kaynakça

GİRİŞ

Bu rehberin amacı, dökümhanelerdeki toz ve silis maruziyetine yönelik işverenlere, çalışanlara ve iş sağlığı uzmanlarına bilgi sağlamaktır.

Toz nedir?

İnsan sağlığı bakımından önemli olan boyutlar ise 0,5-100 μm arasındaki büyüklüklerdir. Daha büyük olan parçacıklar solunum yoluna girememektedir.



05.11.2013 tarihli Tozla Mücadele Yönetmeliği'ne göre;

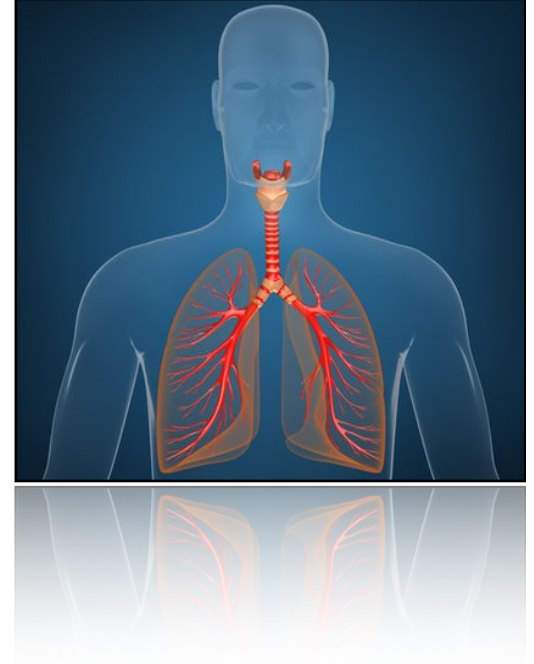
Toz: işyeri ortam havasına yayılan veya yayılma potansiyeli olan parçacıklardır.

Solunabilir toz: Aerodinamik eşdeğer çapı 0,1– 5,0 μm büyüklüğünde kristal veya amorf yapıdaki tozlardır.

Çalışanların sağlığı üzerine olumsuz etkileri olan tozlar zararlı etkilerine göre şu şekilde gruplandırılabilir:

- ➔ Fibrojenik tozlar
- ➔ Kanserojen tozlar
- ➔ Toksik tozlar
- ➔ Radyoaktif tozlar
- ➔ Alerjiye neden olan tozlar
- ➔ İnert tozlar

- Solunum yoluna girebilen tozlara teneffüs edilebilen (inhalable) toz adı verilmektedir.
- Solunum yollarına giren tozların alveollere (akciğerlerde bulunan oksijen kesecikleri) kadar ulaşan türü 10 μm 'nin altında olan türlerinden oluşmaktadır.
- Bu tozlara solunabilir toz denilmektedir.
- Partikül büyüklüğü 5 μm ve daha ufak olan tozlar ise alveollere ulaşmaktadır.
- Akciğerlerde hastalık meydana gelmesi bakımından en büyük tehlikeyi ise 0,5 μm ile 5 μm arasında olan tozlar oluşturmaktadır.



Silika nedir?

Silika; kayaların, kumun ve kilin yapısında bulunan doğal bir maddedir.

Kristalin silika, pek çok mineral tozun içerisinde bulunabilmektedir.

- Kimyasal formülü: SiO_2
- Anlamdaşı: Kuvars, kristobalit, tridimit
- Görünüm ve koku: renksiz, kokusuz katı
- Moleküler ağırlığı: 60,1
- Erime noktası: 1600 C
- Kaynama noktası (760 mm Hg): 2230 C
- Suda çözünürlük, 20C'de g/100 g su: çözülmez
- Yanabilirlik: yanıcı değil

Solunabilir Kristal Silika

- ▶ Demir dökümhanelerinde çalışanların en fazla karşı karşıya kaldıkları toz türü silis tozudur (kristal kuvars).
- ▶ Döküm iş kolunda kullanılan hammaddeler olan döküm kumu ve maça kumu silisyum içerdiğinden tozlara bağlı olarak meydana gelen mesleki akciğer hastalıklarına oldukça sık görülmektedir.
- ▶ Akciğerlere kadar ulaşabilen türüne solunabilir kristal silika adı verilmektedir. (1 ile 10 μm)
- ▶ Bu hastalıklar arasında en çok karşılaşılanı silis tozunun akciğerde depolanmasına bağlı olarak meydana gelen silikozistir.



Türkiye’de döküm için kullanılan kumların kimyasal içeriğindeki SiO₂ oranı % **82,54** ile % **93,58** arasında değişmektedir.

Solunabilir Kristal Silika Nerede Bulunur?

Silis tozu, kumun içerisinde bulunan kuvarsın kullanıldığı tüm döküm işlemlerinde bulunmaktadır.

- ▶ döküm kumunun hazırlanması,
- ▶ kalıplama işlemi,
- ▶ maça yapım işlemi,
- ▶ sallama (sarsak) işlemi,
- ▶ dökümden çıkan parçanın temizlenmesi (taşlama) işlemi,
- ▶ döküm ocağının temizlenmesi sırasında ortaya çıkmaktadır.

Eğer Silis Sadece Kum ise Neden Tehlikelidir?

Kuvarsın sebep olduğu başlıca hastalık silikozistir. Silikozis, solunabilir kristalin silikanın sebep olduğu, ilerleyen bir akciğer rahatsızlığıdır.

Belirtileri: nefes almada zorluk, şiddetli ve kronik öksürük, yorgunluk, iştahsızlık, göğüs ağrısı ve ateştir.

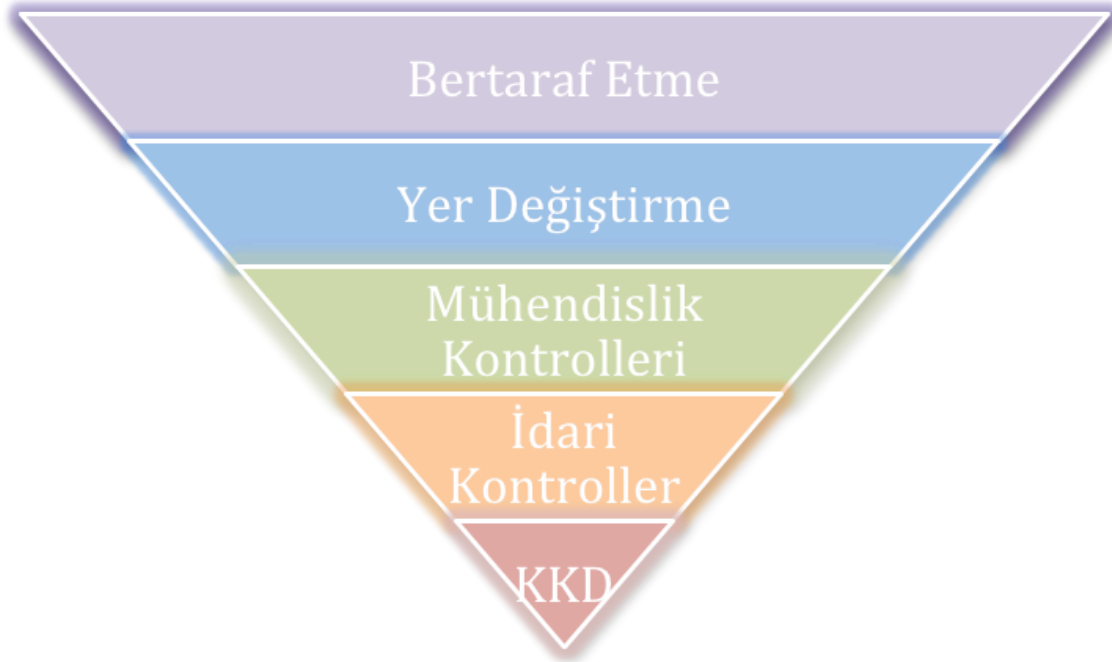


Yasal Mevzuat

Tozla Mücadele Yönetmeliği'ne göre;

Madde	Eşik Sınır Değer
Solunabilir toz (inert ya da istenmeyen toz)	5 mg/m ³
Silis, Kristal Kuvars, Kristobalit	10mg/ m ³ / % SiO ₂ +2

Neler Yapılmalıdır?



Kontrol İşlemi	Solunabilir Kristal Silikayı Önlemede Kullanışlılığı
Bertaraf etme	Dökümhanelerde, silis kumu hammadde olduğundan silisin kullanıldığı üretim işlerinde genellikle kullanışsız olan bir yöntemdir. Dökümhane konumunun bölgenin iklim koşullarına ve rüzgarın yönüne göre yerleştirilmesi ile dökümhane içerisindeki toz oluşumu azaltılabilir. Kumun dökümhane dışarısında kapalı bir şekilde muhafaza edilmesi toz oluşumunu azaltacaktır.

Kontrol İşlemi	Solunabilir Kristal Silikayı Önlemede Kullanışlılığı
Yer Değiştirme	Silis maruziyetinin önüne geçebilmek için silika içeriği az olan olivin ya da zirkon kumu ya da silika içermeyen kromit kullanımının teşvik edilmesi oldukça faydalı olacaktır.

Kontrol İşlemi	Solunabilir Kristal Silikayı Önlemede Kullanışlılığı
Mühendislik Kontrolleri • Havalandırma • Bastırma	Altan çekişli sistemler ile tozun çalışana ulaşmadan yok edilmesi sağlanmaktadır. Ortamda oluşan tozu önlemek amacı ile zeminin sulu ya da vakumlu sistem ile temizlemesi etkili bir tedbirdir.

Kontrol İşlemi	Solunabilir Kristal Silikayı Önlemede Kullanışlılığı
İdari Kontroller	• Dökümhanenin gün içerisinde sıklıkla kontrol edilmesi, • Çalışanlara düzenli olarak hijyen, kimyasal ve fiziksel maruziyet kaynakları, kişisel koruyucu donanım ile sorumluluklar gibi iş sağlığı ve güvenliği hakkında eğitim verilmesi, • Personel rotasyonunun olması, • Çok tehlikeli sınıfta yer aldığından dökümhanelerde toz ve solunabilir silis ölçümlerinin iki senede bir sağlanması, çalışmalarının gerçekleştirilmesi faydalı olacaktır.

Kontrol İşlemi	Solunabilir Kristal Silikayı Önlemede Kullanışlılığı
Kişisel Koruyucu Donanım (KKD) Kullanımı	• Döküm işlerinde solunum koruyucu olarak Avrupa Standartı EN 149:2001 +A1:2009’a göre FFP3 tip solunum koruyucu kullanılmalıdır. bu filtre en yüksek düzeyde toz ve silisi de içerisine alan toksik ve kansorejen tozlar ile aerosoller için kullanılmaktadır. • EN 140:1998’e uygun tekrar kullanılabilir yarım yüz maskeleri ve içerisine yerleştirilen EN 143:2000 + A1:2006’ya göre P3 ya da P3R’de kullanılabilmektedir. • Elektrostatik çekimin engellenmesi ve toz ile silisin çalışanlar üzerinde daha az tutunabilmesi için iş kıyafetlerinin % 50 keten %50 polyesterden olması gerekmektedir.



Unutulmamalıdır ki;

Solunabilir toz maruziyeti ile silis maruziyeti farklıdır. Düşük solunabilir toz konsantrasyonun olduğu durumlarda yüksek miktarda serbest silis olabilmektedir. Bu neden ile, silis ölçümlerinin özellikle kum hazırlama, derece bozma, kalıplama ve maça yapımı işlemlerinde gerçekleştirilmesi gerekmektedir.

Kaynakça

Australia Department of Justice and Attomey - General, *Silica – Technical guide to managing exposure in the workplace: Work-related disease strategy 2012-2022*, 2013.

Health and Safety Executive (HSE), *Control of exposure to silica dust*, 2013.

National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), *Occupational Health Guideline for Crystalline Silica*, 1978.

T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, *Tozla Mücadele Yönetmeliği*, (05.11.2013)

