



T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



YÜKSEK LİSANS TEZİ

BİR METAL KAPLAMA TESİSİNDE İŞYERİ HAVA KALİTESİNİN
ARAŞTIRILMASI

Nevran Sultan ÇALIŞKAN

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Çevre Mühendisliği Programı

DANIŞMAN
Doç. Dr. Burcu ONAT

Ağustos, 2017

İSTANBUL

Ry


Bu çalışma, 17.08.2017 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Çevre Mühendisliği Programında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi


Doç. Dr. Burcu ONAT(Danışman)
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi


Prof. Dr. Nüket SİVRİ
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi


Doç. Dr. Ülkü Alver ŞAHİN
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi


Doç. Dr. Yaşemin KAYA
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi


Doç. Dr. Selami DEMİR
Yıldız Teknik Üniversitesi
İnşaat Fakültesi



20.04.2016 tarihli resmi gazetede yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince; Bu Lisansüstü teze, İstanbul Üniversitesi'nin aboneli olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Fen Bilimleri Enstitüsü'nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun rapor alınmıştır.

Bu tez, İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yürütücü Sekreterliğinin 58394 numaralı projesi ile desteklenmiştir.

ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitimim süresince her türlü bilgiyi benden esirgemeyen, çalışmama ve bana sonsuz katkı sağlayan, her zaman yanımda olan değerli danışman hocam Sayın Doç. Dr. Burcu Onat' a başta olmak üzere, tez sürecimde kıymetli bilgi ve manevi desteğiyle yanımda olan değerli hocam Sayın Doç. Dr. Ülkü ALVER ŞAHİN' e,

Değerli bilgi birikimi ve destekleriyle her zaman yanımda olan İstanbul Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü' deki Sayın Prof. Dr. Nüket SİVRİ başta olmak üzere tüm hocalarıma ve arkadaşlarıma,

Tezim sırasında laboratuvarları ve değerli bilgileri ile destek veren Marmara Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü'ndeki Prof. Dr. Gürcan ORALTAY' a ve Marmara Temiz Hava Merkezi Müdürü Ramazan ÖZTÜRK' e, Sayın Aydın GÜNDOĞDU ve Sayın Raşit ORUÇ' a,

Eğitim hayatım boyunca manevi desteğini esirgemeyen, yüreği güzel eşim Yasin ÇALIŞKAN' a, annem Nesrin ŞİŞLİ' ye, babam Erol ŞİŞLİ' ye, ağabeyim İsmail ŞİŞLİ' ye,

Tezim sırasında manevi desteği ve kıymetli bilgileri ile öz ablam kadar değer verdiğim Jenny Marilena VISA' ya,

Çalışmamı sürdürmem için bana gerekli tüm imkanları sağlayan müdürlerim Sayın Emine Pelin YAĞCI ve Sayın Pınar ESMERAY ve diğer çalışma arkadaşlarıma teşekkürü bir borç bilirim.

Ağustos 2017

Nevran Sultan ÇALIŞKAN

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ	iv
İÇİNDEKİLER.....	v
ŞEKİL LİSTESİ	vii
TABLO LİSTESİ.....	ix
SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ	x
ÖZET	xii
SUMMARY	xiv
1. GİRİŞ	1
2. GENEL KISIMLAR.....	3
2.1. HAVA KİRLİLİĞİNE GENEL BAKIŞ	3
2.2. İÇ ORTAM HAVA KİRLİLİĞİ	4
2.3. PARTİKÜL MADDE	5
2.3.1. Partikül Maddelerin Kaynakları ve Oluşumu.....	6
2.3.2. Partikül Maddelerin Fiziksel Özellikleri	6
2.3.3. Partikül Maddelerin Kimyasal Özellikleri.....	9
2.3.4. Partikül Maddelerin Sağlığa Etkileri	11
2.4. PARTİKÜL MADDELER İÇERİSİNDEKİ METALLER.....	14
2.4.1. Bakır (Cu).....	14
2.4.2. Nikel (Ni).....	15
2.4.3. Mangan (Mn).....	16
2.4.4. Kurşun (Pb)	16
2.4.5. Krom (Cr)	17
2.5. METAL KAPLAMA ENDÜSTRİSİ TANIMI VE PROSES AŞAMALARI.....	18
2.5.1. Ön İşlemler / Temizleme	19
2.5.2. Durulama	19
2.5.3. Kurutma.....	20
2.5.4. Metal Kaplama İşlemleri	20
2.5.4.1. Sıcak Daldırma	20
2.5.4.2. Elektrolit Kaplama.....	20
2.5.4.3. Elektriksiz Kaplama.....	22

2.5.4.4. Kimyasal Dönüştürme ile Kaplama.....	22
2.5.4.5. Sıcak Püskürtme ile Kaplama.....	22
2.6. ÜLKEMİZDE VE YURT DIŞINDA HAVA KALİTESİ KONUSUNDAKİ STANDARTLAR.....	22
2.7. İÇ ORTAM HAVA KALİTESİ LİTERATÜR ÇALIŞMALARI.....	24
2.7.1. Yurtdışında Konu ile İlgili Yapılmış Olan Çalışmalar.....	25
2.7.2. Yurtiçinde Konu ile İlgili Yapılmış Olan Çalışmalar.....	30
3. MALZEME VE YÖNTEM.....	32
3.1. İŞLETME BİLGİLERİ.....	32
3.1.1. Firma Profili.....	32
3.1.2. Firmaya Ait Metal Kaplama Çeşitleri.....	34
3.2. ÖRNEK ALMA VE ANALİZLERDE KULLANILAN CİHAZLAR.....	37
3.2.1. Partikül Madde Örneklerinde Kullanılan Cihaz.....	37
3.2.1.1. SKC Leland Legacy Pompa.....	38
3.2.1.2. Sioutas Sıralı Örnekleyici.....	42
3.3. MİKRODALGA İLE AYRIŞTIRMA İŞLEMİ.....	47
3.4. METALLERİN ANALİZİ.....	49
3.5. SAĞLIK RİSKLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ.....	52
3.6. HESAPLAMALAR.....	52
3.6.1. Partikül Maddelerin Kütle Konsantrasyon Hesapları.....	52
3.6.2. Elementel Konsantrasyonların Hesaplanması.....	52
3.6.3. Sağlık Risklerinin Hesaplanması.....	53
4. BULGULAR.....	55
4.1. PARTİKÜL MADDENİN KÜTLESEL KONSANTRASYONLARI.....	55
4.2. FARKLI PARTİKÜL BOYUTLARINDA ELEMENTLERİN KONSANTRASYON DEĞİŞİMİ.....	59
4.3. SAĞLIK RİSKLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ.....	65
5. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	67
KAYNAKLAR.....	69
ÖZGEÇMİŞ.....	76

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa No
Şekil 2.1: Partikül maddelerin boyutlarına göre vücuda girişi.....	7
Şekil 2.2: Partikül madde boyutları.....	8
Şekil 2.3: Konsantrasyonlarına göre kurşunun yetişkin ve çocuk sağlığına etkileri.....	17
Şekil 2.4: Metal kaplama prosesi için iş akış diyagramı.....	19
Şekil 2.5: Kromat kaplama sonrası durulama.....	20
Şekil 2.6: Elektrolit kaplama (EPA).....	21
Şekil 3.1: Fabrika Genel Vaziyet Planı (Zemin Kat).....	33
Şekil 3.2: Fabrika Genel Vaziyet Planı (1. Kat).....	33
Şekil 3.3: Eloksal kaplama iş akım şeması.....	35
Şekil 3.4: Durulama işlemi.....	36
Şekil 3.5: Kromatlama işlemi.....	36
Şekil 3.6: Kromat kaplama iş akış şeması.....	37
Şekil 3.7: Partikül örnekleme.....	38
Şekil 3.8: SKC Leland Legacy Pompa.....	40
Şekil 3.9: Sioutas Sıralı Örnekleme.....	42
Şekil 3.10: Tartımlarda kullanılan METTLER TOLEDO tartı.....	43
Şekil 3.11: Örnekleme yapıldığı nokta.....	44
Şekil 3.12: Filtre şartlandırma.....	44
Şekil 3.13: Metler Toledo ile numunelerin tartımı.....	45
Şekil 3.14: Ortam şartlarının ölçüldüğü termometre ve nem ölçer.....	45
Şekil 3.15: Şartlandırma akım şeması.....	46
Şekil 3.16: Örnekleme kaplanan materyaller.....	47
Şekil 3.17: Asit ile çözündürme aşaması öncesi ve sonrası.....	48

Şekil 3.18: MARS5 cihazı, kontrol tüpü, basınç ve sıcaklık sensörü	48
Şekil 3.19: GF-AAS akış şeması.....	49
Şekil 3.20: Her bir metalin GF – AAS’de analizi için uygulanacak metodun seçimi ve analizi aşamaları	51
Şekil 4.1: Örneklemelerin PM konsantrasyon dağılımı	57
Şekil 4.2: Örneklemelerin PM konsantrasyon dağılımı	58
Şekil 4.3: Tesis içinde örneklerin farklı partikül boyut dağılımları	59
Şekil 4.4: Farklı partikül boyutlarında incelenen element konsantrasyonları.....	64



TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 2.1: Kıta partiküllerinde bulunan bazı bileşiklerin konsantrasyon yüzdeleri.....	10
Tablo 2.2: Kentsel partiküllerin içerdikleri bileşenler ve oluşum şekilleri	10
Tablo 2.3: Partikül boyutu ve solunum sistemine etkileri	13
Tablo 2.4: Elektrokaplama kullanılan kaplama banyoları ve bileşenleri.....	21
Tablo 2.5: Dünyanın çeşitli ülkelerinde PM ₁₀ ve PM _{2,5} sınır değerleri (µg/m ³).....	23
Tablo 2.6: Mesleki toz maruziyet limit değerleri	24
Tablo 2.7: Kurşunun mesleki maruziyet sınır değerlerinin karşılaştırılması.....	24
Tablo 3.1: Tesisin makine ve ekipmanları.....	34
Tablo 3.2: MARS5 seçilen çözündürme aşamaları	48
Tablo 4.1: Tesis içi farklı boyut aralığındaki partikül madde konsantrasyonları(µg/m ³).....	55
Tablo 4.2: Farklı boyut fraksiyonlarındaki partikül konsantrasyonlarının istatistiksel değerleri.....	56
Tablo 4.3: Partikül boyut dağılımına göre metal konsantrasyonları (ng/m ³)	60
Tablo 4.4: İnce (PM _{2.5}) ve kaba (PM _{>2.5}) PM boyutlarındaki elementlerin karşılaştırılması.....	62
Tablo 4.5: Elementel tehlike indeksleri ve kanser riskleri	66

SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ

Simgeler	Açıklama
Al	: Alüminyum
Al₂O₃	: Alüminyum oksit
As	: Arsenik
Ba	: Baryum
CaO	: Kalsiyum oksit
Cd	: Kadmiyum
CO	: Karbon monooksit
CO₂	: Karbon dioksit
Co	: Kobalt
Cr	: Krom
Cu	: Bakır
Fe	: Demir
Hg	: Cıva
HNO₃	: Nitrik asit
K₂O	: Potasyum oksit
Mg	: Magnezyum
MgO	: Magnezyum oksit
Mn	: Mangan
MnO	: Mangan (II) oksit
NH₃	: Amonyak
Ni	: Nikel
NO_x	: Azot oksitler
NO₂	: Azot dioksit
O₃	: Ozon
Pb	: Kurşun
Sb	: Antimon
Sc	: Skandiyum
Se	: Selenyum
Sn	: Kalay
Sr	: Stronsiyum

SiO₂ : Silisyum oksit
SO₂ : Kükürt dioksit

Kısaltmalar Açıklama

ACGIH : American Conference for Governmental Industrial Hygienists (Amerikan Toplum Hijyenistleri Konferansı)
ASHRAE : The American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditionin (Amerikan Isıtma, Soğutma ve İklimlendirme Mühendisleri Derneği)
EKHKKY : Endüstriyel Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği
ELCR : Toplam kanser riski
EPA : Environmental Protection Agency (Çevre Koruma Ajansı)
GF-AAS : Grafitli Fırınlı Atomik Absorbsiyon Spektrofotometresi
HKDYY : Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği
HSE : Health Safety, UK Executive (Sağlık Güvenlik Yönetimi, İngiltere)
ICP-MS : Endüktif Eşleşmiş Plazma Kütle Spektrometresi
ICP-OES : Endüktif Eşleşmiş Plazma Optik Emisyon Spektrometresi
IKHKKY : Isınmadan Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği
ILCR : Yaşam boyu kanser riski faktörleri
MWF : Metal Working Fluids (Metal İşleme Sıvıları)
NIOSH : National Institute for Occupational Safety and Health (Ulusal Mesleki Emniyet ve Sağlık Enstitüsü)
ORC : Organizasyon Kaynakları Danışmanlığı
OSHA : Occupational Safety and Health Administration (Avrupa İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetimi)
PM : Partikül Madde
REL : Önerilen maruziyet limit değer
STEL : Kısa süreli maruziyet limit değer
TOBB : Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği
TSP : Total Suspended Particles (Toplam Asılı Partiküller)
TWA : Zaman ağırlıklı ortalama
UOB : Uçucu Organik Bileşikler
VOC : Volatile Organic Compound (Uçucu Organik Bileşikler)
WHO : World Health Organisation (Dünya Sağlık Örgütü)

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BİR METAL KAPLAMA TESİSİNDE İŞYERİ HAVA KALİTESİNİN ARAŞTIRILMASI

Nevran Sultan ÇALIŞKAN

İstanbul Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman : Doç. Dr. Burcu ONAT

Partikül madde (PM), kimyasal bileşimi ve fiziksel özellikleri değişiklik gösteren insan sağlığına en zararlı hava kirleticilerden biridir ve Dünya Sağlık Örgütü tarafından kanserojen bir hava kirletici olarak kabul edilmiştir. Özellikle partikülün ince ($<2.5 \mu\text{m}$) fraksiyonu, solunum sisteminde akciğerlerin alveollerine kadar ulaşabilmesi ve buradan dolaşım sistemine karışabilmesinden dolayı insan sağlığına zararlı etkisi daha fazladır. Kapalı ortamlarda çalışanların hava kirleticilerine maruziyeti çalışanların sağlığı açısından dikkate alınması gereken çok önemli bir konudur. Metal işleme tesislerinden kaynaklanan partiküller çeşitli kimyasallar, metal partikülleri, biyolojik kirleticiler (bakteri ve mantar hücreleri ve endotoksin, ekzotoksin gibi biyolojik ürün kaynaklı hücre bileşikleri), öğütme ve işlemede kullanılan materyallerden gelen aerosoller gibi farklı kirleticilerin karışımı şeklindedir.

Bu çalışmada İstanbul'da Pendik- Kurtköy sanayi tesisinde yer alan bir metal kaplama tesisinde PM örnekleme yapılmış ve ince partikül maddenin boyut dağılımı ve konsantrasyonları tespit edilmiştir. İnce partikül madde konsantrasyonu ve boyut dağılımı 5 farklı boyut aralığında ($\text{PM}>2.5$, $\text{PM}1.0-2.5$, $\text{PM}0.5-1.0$, $\text{PM}0.25-0.5$, $\text{PM}<0.25$) örnekleme yapabilen SKC Sioutas sıralı örnekleyici ile belirlenmiştir. PM ortalama konsantrasyonları sırasıyla $117.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $57.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $26.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $60.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ve $89.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak bulunmuştur. $2.5 \mu\text{m}$ altındaki partiküllerin yaklaşık olarak %47'sinin $0.25 \mu\text{m}$ 'nin altındaki partikül boyutunda olduğu belirlenmiştir. Farklı boyut aralığındaki metallerin analizi için Grafit Fırınlı AAS kullanılmıştır. Analizi yapılan Cu, Ni, Mn, Pb ve Cr elementlerinin en yüksek konsantrasyonları sırasıyla

bulunmuştur. 2.5 µm altındaki partiküllerin yaklaşık olarak %47'sinin 0.25 µm'nin altındaki partikül boyutunda olduğu belirlenmiştir. Farklı boyut aralığındaki metallerin analizi için Grafit Fırınlı AAS kullanılmıştır. Analizi yapılan Cu, Ni, Mn, Pb ve Cr elementlerinin en yüksek konsantrasyonları sırasıyla 2.399,8 ng/m³, 73,7 ng/m³, 72,7 ng/m³, 306,5 ng/m³ ve 95,8 ng/m³ olarak bulunmuştur. Olası sağlık riskleri ile ilgili yapılan değerlendirmeler sonucunda, toplam tehlike indeksinin, kabul edilebilir değerin (1,0) yaklaşık 26,1 katı olduğu belirlenmiştir. Özellikle Pb, Ni ve Cr(IV) elementlerinden kaynaklanan hayat boyu kanser olma riski dikkate alınarak gerekli önlemlerin alınması gerektiği sonucuna varılmıştır.

Bu tez, İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yürütücü Sekreterliğinin 58394 numaralı projesi ile desteklenmiştir

Ağustos 2017, 91 sayfa.

Anahtar kelimeler: Metal kaplama, iç ortam hava kirliliği, partikül madde, boyut dağılımı

SUMMARY

M.Sc. THESIS

INVESTIGATION OF AIR QUALITY IN WORKPLACE OF A METAL COATING PLANT

Nevran Sultan CALISKAN

İstanbul University

Institute of Graduate Studies in Science and Engineering

Department of Environmental Engineering

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Burcu ONAT

Particulate matter is one of the hazardous air pollutants because it has a different chemical and physical characteristics. World Health Organization has declared that particulate matter is a carcinogenic air pollutant in 2013. Particularly, fine particles fraction is more harmful because it ($<2.5 \mu\text{m}$) penetrates to the pulmonary alveols and gets into the cardiovascular system. The particles sourced from metalworking is a mixture of chemicals, biological pollutants (bacteria and fungi cells, and cell pieces like endotoxin, exotoxin) and the aerosols sourced from blinding and working facilities.

In this study, to determine the size distribution and metal concentration of fine particulate matter in a metal coating industry. Within this context, particulate matter will be sampled in a metal coating industry which is located in Pendik-Kurtköy industry area in Istanbul. Fine particle concentration and size distribution will be determined by using Sioutas sampling equipment in 5 different fraction ($\text{PM}>2.5$, $\text{PM}1.0-2.5$, $\text{PM}0.5-1.0$, $\text{PM}0.25-0.5$, $\text{PM}<0.25$). The average total PM concentrations were determined as $117.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $57.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $26.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $60.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ve $89.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$, respectively. We determined that the particles smaller than $0.25 \mu\text{m}$ is 47% of the $2.5 \mu\text{m}$ particle fraction. For metal analyses in different fraction were used by Graphite Furnace AAS. Elements of Cu, Ni, Mn and Pb peaks concentrations are respectively as follows $2399,8 \text{ ng}/\text{m}^3$, $73,7 \text{ ng}/\text{m}^3$, $72,7 \text{ ng}/\text{m}^3$ and $306,5 \text{ ng}/\text{m}^3$. According to the health risk assessment, the total HQ was 26,1 times greater than the acceptable limit (1.0). The cancer risks resulting from

are respectively as follows 2399,8 ng/m³, 73,7 ng/m³, 72,7 ng/m³ and 306,5 ng/m³. According to the health risk assessment, the total HQ was 26,1 times greater than the acceptable limit (1.0). The cancer risks resulting from Pb, Ni and Cr(IV) exposure are indicated that will be important and should consider and take due precautions.

This work was supported by Scientific Research Project Coordination Unit of Istanbul University. Project number; 58394.

August 2017, 91 pages.

Keywords: Metal coating, indoor air pollution, particulate matter, size distribution



1. GİRİŞ

Hava kirliliği sanayi, ısınma ve ulaşım kaynaklı emisyonların artışıyla son yıllarda en önemli çevre sorunlarından biri haline gelmiştir. Dış ortam hava kalitesinin bozulması iç ortam hava kalitesini de etkilemiştir. Endüstri haricindeki kapalı ortamlarda karbon monoksit, karbon dioksit, kükürt dioksit, azot oksitler, formaldehit, sigara dumanı, radon, asbest, kurşun, uçucu organik bileşikler, partiküller, çeşitli mikroorganizma ve alerjenler gibi kirleticiler kapalı ortam kirliliğini oluşturur (Soysal ve Demirel, 2007).

Endüstrilerin kapalı ortamlarındaki hava kirleticiler kullanılan hammadde ve prosese bağlı olarak farklılık göstermektedir. Metal kaplama endüstrisi, kaplama, renklendirme malzemelerinin hazırlanması, banyo hazırlıkları, metal yüzeylerin kaplanması (eloksal, elektroliz, plastik, beton ve sıcak daldırma) gibi faaliyetleri içermektedir. Kaplama işlemleri sırasında iş parçalarının özelliklerine göre askılanması veya konumlandırılması, kimyasallar ve asitlerin sıcaklık, karışım ayarlarının işleme uygun şekilde ayarlanması gibi işlemler yapılmaktadır. Bu işlemler sırasında çeşitli metal işleme sıvısı aerosolleri tesis içine yayılır. Çok farklı kimyasalları içeren bu aerosollerin solunması çalışanlarda olumsuz sağlık etkilerine neden olmaktadır (Gordon, 2004).

Literatürde metal işleme sıvıları (MWF, metalworking fluid) için farklı mesleki maruziyet limit değerleri belirlenmiştir (Cohen and White, 2006; Park, 2012). NIOSH 1998 yılında MWF için maruziyet değerini $0,4 \text{ mg/m}^3$ (10 saatlik maruziyet ortalaması) olarak önermiştir, ancak bu limit değer olarak literatürde yer almamaktadır. Bu değer MWF nedeni ile meydana gelen solunum rahatsızlıklarının oluşmasını engellemek için önerilen limit değerdir. NIOSH mesleki MWF kaynaklı toplam aerosol maruziyetini ise (OEL, occupational exposure limit) $0,5 \text{ mg/m}^3$ olarak belirlemiştir.

Ülkemizde endüstrilerin kapalı ortamlarında çalışanların maruz kaldığı hava kalitesinin belirlenmesi konusunda çalışmalar yapılmış olsa da bu çalışmaların sayısı oldukça azdır. Şimdiye kadar yapılmış çalışmalarda endüstrilerin kapalı ortamlarında partikül madde (PM10, PM2.5 ve maruziyet tozları), uçucu organik bileşikler (UOB) ve iz elementler gibi parametrelerin ölçümleri yapılmıştır (Bağlarbunarı,2010; Şahin ve Kurutaş, 2009). Endüstrilerde çalışanların hava kirleticilerine maruziyetinin belirlenmesi, risk değerlendirme

alışmalarının yapılmasına olanak sağlamaktadır. Özellikle metal kaplama sektöründe metalin işlenmesi sırasında oluşan aerosollerin çalışanların, sağlığına ciddi olumsuz etkileri olduğundan bu tesislerin kapalı ortamlarında yapılacak çalışmaların sayısının artması önem arz etmektedir.

Bu alışmada Kurtköy-Pendik, İstanbul'da yer alan bir metal kaplama tesisinde PM rnekleme yapılmış ve ince partikül maddenin boyut dağılımı ve partikül maddenin konsantrasyonu tespit edilmiştir. Asit ile zndrme gerçekleştirildikten sonra Grafit Fırınlı Atomik Absorbsiyon Spektrofotometresi (GF-AAS) ile element (Pb, Ni, Cu, Mn ve Cr) konsantrasyonları hesaplanmıştır. İnsan sağlığı açısından daha zararlı olan ince partiküllere (PM_{2.5}) maruziyeti sonucu meydana gelebilecek sağlık etkilerini araştırmak amacıyla olası tehlike indeksi ve kanser riskleri hesaplanmıştır. Son bölümde ise çalışmada elde edilen sonuçlar derlenerek öneriler sunulmuştur.

2. GENEL KISIMLAR

2.1. HAVA KİRLİLİĞİNE GENEL BAKIŞ

Hava kirliliği canlıların sağlığını olumsuz yönde etkileyen birçok gaz, bileşik ve partiküllerin normalin üzerinde miktarı ve konsantrasyona ulaşması ile gerçekleşir. Hava kirliliğinin kaynakları iki sınıfa ayrılmaktadır. Doğal kaynaklar; polenler, rüzgar etkisiyle oluşan tozlar, volkanik hareketler ve orman yangınları olarak sayılabilir. İnsan etkisiyle oluşan kirlilikler, endüstriyel, trafik, yanma kaynaklı olarak sınıflandırılabilir (Byrne, 2000).

Hava sıcaklığı, orantılı nem, sis oluşumu, inversiyon olayı, yağmur veya kar yağışları, atmosfer basıncı, rüzgar yönü ve hızı, güneşlenme süresi ve güneş ışınlarının şiddeti, hava kirlenmesinde önemli rol oynar. Bu faktörler, kirleticilerin miktar olarak artmasında ve azalmasında, birikme ve taşınmasında, kimyasal olarak form değiştirmesinde etkili olmaktadır.

Endüstride oluşan partiküller, kimyasallar, gazlar, solventler, insan sağlığını olumsuz etkileyerek insan vücudunda beyin, akciğerler, deri, kan, böbrekler, kol bacak sinirleri, karaciğer gibi birçok organda hasar yaparlar. Ayrıca bu zararlılar, solunum yolu ile vücudumuza girerek zarar verebilir (Gökşin ve Stand, 2001).

İnsan günde ortalama 13.000–16.000 litre veya ömrü boyunca 400–500 milyon litre hava solumaktadır. Dolayısıyla temiz ve kirli hava insan sağlığı için oldukça önemlidir (Yurtseven, 2008). Hava kirliliği sebebi ile ölümlerin %90'ı az gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde görülmektedir. Havadaki partikül madde kirliliği arttıkça ömürde önemli miktarda düşüş olduğu tespit edilmiştir. Partikül madde, kükürt dioksit, karbon monoksit, ağır metaller, benzen ve azot oksit gibi kirletici maddeler havada belli konsantrasyona ve maruz kalma süresine ulaştığı zaman insan sağlığı ve çevre için olumsuz etki yapmaya başlar (Öztürk, 2008).

Hava kirliliğinin artışı sonucunda; akciğer kanseri, kronik astım, göğüs daralması, göz, burun ve boğaz tahribatında artış, soluk alma kapasitesinde azalma, ölüm oranlarında artış gözlemlenmektedir. Bunun sonucunda ise iş verimi ve üretimde düşüş sağlık tedavi masraflarında artış görülmektedir (Yurtseven, 2008).

2.2. İÇ ORTAM HAVA KİRLİLİĞİ

İç ortam havası konutlar, endüstriyel ve endüstriyel olmayan işyerleri, okul, hastane içindeki havayı kapsamaktadır (Ezzati, 2005). İç ortam kalitesi ise havadaki, insanın rahatlık ve sağlığını etkileyen tüm noktaları kapsar.

İç hava kalitesi genel olarak “Normal koşullarda belli karışımlara sahip olan ve içinde insan sağlığı için zararlı madde içermeyen hava” olarak tanımlanmaktadır. ASHRAE 62-1989 ve 2001 standardı ise iç hava kalitesini, “içinde, konsantrasyonları bilinen kirleticilerin, yetkili kuruluşlar tarafından belirlenmiş zararlı düzeylerde bulunmadığı ve bu hava içinde bulunan insanların %80 veya daha fazlasının havanın kalitesiyle ilgili herhangi bir rahatsızlık hissetmediği havadır” şeklinde açıklamaktadır.

Dış ortam hava kirliliğinin yanı sıra iç ortam hava kirliliği de sağlık açısından önemli etkiler oluşturmaktadır. İç ortam hava kalitesi, son zamanlarda kapalı mekanlarda bulunma süresinin artması nedeniyle büyük önem taşımaktadır. Birçok ülkede, insanlar zamanlarının büyük bir kısmını (%80 – 90) iç ortamlarda geçirmektedir (Buonanno ve diğ., 2010). Birçok insan, dış hava kirliliğinin sağlığa zararları bilinmesine rağmen, iç ortam hava kirliliği ile insan sağlığı arasında doğrudan bir ilişki olduğunun bilincinde değildir. (Bulgurcu ve diğerleri, 2006).

Kapalı ortamlarda ısı, ışık, gürültü gibi faktörlerin yanı sıra, ortam havasının da burada yaşayan kişilerin sağlık ve verimlilikleri üzerine etkileri vardır. Ancak bu etkilerin yeterince önemseniyor olmasının nedeni kapalı ortam hava kirliliği etkilerinin genellikle uzun sürede ortaya çıkması, yaşamı ve sağlığı doğrudan ya da acil olarak tehdit etmemesidir (Yurtseven, 2008).

İç ortam hava kalitesini etkileyen birçok faktör vardır. Kirleticilerin cinsi ve değerleri dış ortamdaki kaynaklanmakla beraber, iç ortamın sıcaklığına, nemine, iç ortamdaki yapı malzemelerine, iç ortamdaki kirleticilerin konsantrasyonları, kullanılan eşyalara, iç ortamda yaşayan kişilerin kullandıkları ürünler ve iç ortamdaki faaliyetlere göre değişiklik göstermektedir. Yapıyı çevreleyen dış hava da yapı içine havalandırma ve sızma yoluyla girip kirletici yaymaktadır. Endüstriyel kuruluşlarda; üretim amaçlı kullanılan kimyasallar, kullanılan hammaddenin özelliği, imalat sahasındaki insan sayısı, kullanılan üretim makineleri ve ekipmanlar, iş makineleri (forklift vb.) gibi faktörler de iç ortam hava kalitesini etkilemektedir.

Yapılan çalışmalar, insanların uzun vadede iç ortam havasından etkilendiğini ve kirleticilerin önemli sağlık sorunlarına neden olduğunu göstermiştir. Özellikle 1980'li yıllarda yapılan çalışmalarla, kapalı ortam havasının yapı ve temizlik malzemeleri, boya maddeleri ve ısınma sonucu ortaya çıkan atıklar nedeni ile insan sağlığı üzerine olumsuz etkileri fark edilmiştir. 1970'li yıllarda yaşanan enerji krizi sonrası enerji tasarrufu nedeni ile bina havalandırma ve klima sistemlerinin yarı kapasite ile çalıştırılması, kapalı ortam havasına bağlı sağlık sorunlarının ortaya çıkmasını kolaylaştırmıştır. 1990'lı yıllarda prefabrik konut yapımının ve sentetik yapı malzemesi kullanımının artması ile bilgisayarların yaygınlaşması sorunu daha da arttırmıştır (Soysal ve diğ., 2007).

İç ortam kirleticilerine dış ortam kirleticilerinin katkısının belirlenmesinde kullanılan faktörler; iç ortamda kullanılan havalandırma türü (doğal veya dolaylı), havalandırma hızı (saatteki hava değişimi) ve sorun olan kirleticilerin yapısıdır. USEPA (Amerika Çevre Koruma Ajansı) grubunun çalışmaları, ozon gibi reaktif gazların dış ortamlara göre iç ortamlarda daha düşük konsantrasyonlarda bulunma eğiliminde olduğunu göstermiştir. Bunun nedeni, bu tür gazların iç ortam yüzeyleriyle derhal reaksiyona girmeleridir. Reaktif olmayan gazlar ise iç ortamda birikebilirler ve bu tür gazlara iç ortamda maruziyet dış ortama göre fazla olabilir (Jones, 1999).

İç ortam hava kirleticileri temelde gazlar ve partikül madde olarak sınıflandırılabilir. Bu kirleticiler arasında; CO, CO₂, NO_x, O₃, SO_x, PAH, VOC, iz elementler (Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, As, Cd, Pb vb.), partikül maddeler, asbest, bakteri ve virüs yer almakta olup insan sağlığını olumsuz etkileyen kirleticilerdendir (Bernstein ve diğ., 2008).

2.3. PARTİKÜL MADDE

Partikül madde (PM) aerodinamik çapı 0,002µm- 100 µm aralığında bulunan, bir süre askıda kalabilen, fiziksel ve kimyasal yapıları farklı maddelerden meydana gelen sıvı veya katı maddelerdir (Şahin, 2005).

Sağlık etkileri açısından en önemli partikül boyutu, çapı 10 µm'den küçük özellikle 2,5 µm'den küçük olan solunabilir partiküllerdir. Partikül çapı küçüldükçe sağlık üzerine olumsuz etkileri de artmaktadır. Partikül madde konsantrasyonu genelde µg/m³ olarak ifade edilmektedir.

Aerodinamik çapı 2,5 µm'den büyük partiküller kaba partiküller, aerodinamik çapı 2,5 µm'den küçük olan partiküller ise ince partiküller olarak iki gruba ayrılmaktadır. Küçük partiküller; ikincil olarak oluşan aerosoller (gaz-partikül dönüşümü), yanma sonucunda oluşan partikülleri, yoğunlaşan organik ve metal buharlarını içermektedir. Büyük partiküller; genelde yer kabuğu materyalleri yol ve endüstrilerden oluşan kaçak tozları içermektedir.

Atmosferdeki partikül çeşitlerinden bazıları is, duman, cadde ve ev tozları, sis, mantarlar ve polenler şeklinde belirtilebilir (Boşgelmez ve diğ., 1997).

2.3.1. Partikül Maddelerin Kaynakları ve Oluşumu

Atmosferde doğal veya antropojenik kaynaklardan salınan PM'ler gaz ve buharların yoğunlaşmasıyla oluşabildiği gibi kimyasal reaksiyonlar sonucu da oluşabilmektedir. Yanma sonucu oluşan buharlar yoğunlaşarak ile atmosfere girerler. Bunlar atmosferdeki en ince partiküller olup çapları 0,005 – 0,1 µm arasında değişmektedir. Orta büyüklükteki partikül çapı ise 0,1 – 1,0 µm arasında değişmektedir. Kimyasal reaksiyon ile daha büyük olan 2 – 100 µm partikül oluşması gözlenebilmektedir. Bu partiküller endüstriyel prosesler sonucu oluşmaktadır. Partikül maddelerin havada kalma süreleri değişken olup 0,1-10 µm arasındakiler için 1 gün ile birkaç hafta havada kalabilirler (Turalıoğlu ve diğ., 2008, Özkan, 2009, Arı ve diğ., 2008).

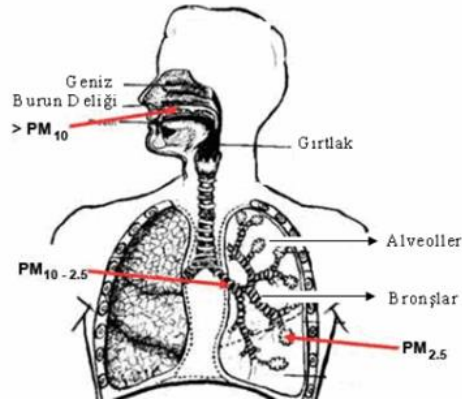
İç ortamlardaki partikül madde konsantrasyonu etkileyen faktörlerin başında motorlu taşıtlar, yakıt çeşidi ve kullanım miktarı, atık oluşumları, çevredeki sanayi kuruluşları, tarımsal ve besicilik gibi dış ortam faaliyetleri ile konut içi temizlik, yemek, yapılardaki malzeme cinsine, ısınmada kullanılan yakıt cinsi, havalandırma çeşidi gibi parametreler gelmektedir. Ayrıca yapıdaki dış hava ile temas eden kapı, pencere gibi boşluklar iç ortamdaki partikül maddeleri etkileyen diğer faktörlerdendir (Alptekin, 2007).

2.3.2. Partikül Maddelerin Fiziksel Özellikleri

Partikül maddenin en önemli özelliklerinin başında partikül boyutu gelmektedir. Bunun nedeni hem kaynağının belirlenmesi hem de sağlık etkileri, taşınım, atmosferde kalma süreleri, görüş mesafesi gibi fiziksel özelliklerin belirlenmesinde önemli bir parametredir (Alvarez ve diğ., 2004).

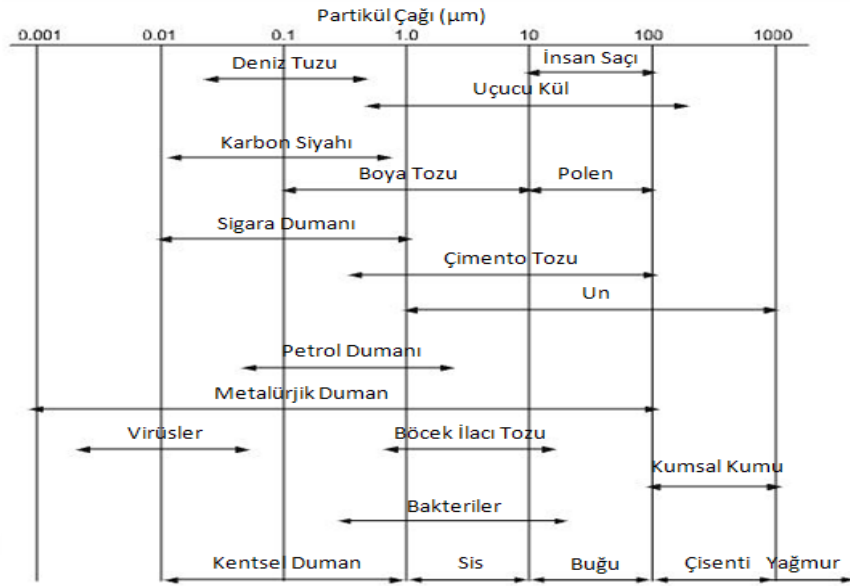
Partiküllerin sınıflandırılmasında kullanılan parametrelerden birisi olan partikül boyutu, partikülün aerodinamik çapını ifade eder ve boyut ifadesi nanometre (nm) ile mikrometre (μm) arasında değişir. Aerodinamik çap; söz konusu partikülle aynı çökme hızına sahip, birim özkütledeki kürenin çapıdır. PMx ifadesi, partikül maddenin çapının X μm 'den küçük olduğu anlamına gelmektedir. Genellikle X olarak 10 μm , 2,5 μm veya 1 μm değerleri kullanılır. Çapı 2,5 μm 'den büyük olan partiküller kaba partikül, 2,5 μm 'den küçük olanlar ince partikül, 1 μm 'den küçük olanlar ise ultra ince partikül olarak ifade edilir. Toplam asılı partikül terimi ise çapı 40-50 μm 'den küçük partiküllerin kütle konsantrasyonunu ifade eder.

10 mikrondan büyük partiküller gözle görünür tozlardır; insanda genellikle burun ve boğaz içinde tutulur. Kül, karbon tozu, suni gübre tozu, çimento, cüruf, polen, un tozu, insan saçı bunlara örnek verilebilir. 1- 10 mikron arası büyüklükte olanlar ise bronşlara ulaşabilen partiküllerdir. Bunlar bakteriler, süt tozu, boya pigmentleri, kükürt tozu olabilir. 1 mikrondan küçük olanlar ise alveollere kadar ulaşabilmektedir. Örnek olarak sigara, kaynak dumanı, gres, yağ buharları, kurum ve virüsleri sayılabilir. Bu durumdan, partiküllerin %99'dan fazlasının akciğerlere ulaştığı ortaya çıkmaktadır. Değişik partikül çaplarına bağlı olarak insan vücuduna giren maddelerin boyutları aşağıda Şekil 2.1.'de verilmiştir.



Şekil 2.1: Partikül maddelerin boyutlarına göre vücuda girişi.

PM'ler genel olarak 10-2,5 μm arasındaki partikül boyutlarına sahip "kaba partiküller" (PM10-2.5) ve 2,5 μm 'den küçük "ince partiküller" (PM2.5) olarak sınıflandırılmaktadır. Şekil 2.2'de partikül madde boyutlarının görsel karşılaştırılmasına örnek verilmiştir.



Şekil 2.2: Partikül madde boyutları.

EPA tarafından partiküller boyutuna göre 5'e ayrılırlar:

- Toplam asılı partiküler madde (TSP): Aerodinamik çapı 25-45 μm ($1\mu\text{m}=0.001\text{ mm}$) arasında olan havada asılı olan partiküllerdir.
- PM10: Aerodinamik çapı 10 μm 'den daha küçük olan partiküllerdir.
- PM2.5: Aerodinamik çapı 2.5 μm 'den daha küçük olan partiküllerdir.
- 1 μm 'den küçük partiküller: Aerodinamik çapı 1 μm 'den küçük olan partiküllerdir.
- Yoğuşma yolu ile oluşan partiküller: Buhardan oluşan partikül maddelerdir.

Oluşum mekanizmasına göre partikül maddeleri "birincil" ve "ikincil" olarak iki sınıfa ayrılır.

Birincil partiküller; Boyutları kaynaklarına bağlı olarak değişmekle birlikte doğal veya antropojenik olabilirler. Polenler, toprak yüzeyleri, yapraklardan kopan parçalanma ürünleri, deniz tuzu, volkanik faaliyetler ve yangınlarda oluşan tozlar birincil partiküllerin doğal kaynaklarıdır (Süren, 2007). Isıtma işlemleri, çöp yakma fırınları, buhar jeneratörleri, yangınlar, evsel ısınma işlemleri, trafik, tarım ve inşaat aktiviteleri antropojenik kaynaklarıdır (Kurutaş, 2009). Yakma kaynaklarından çapı 1 μm 'den küçük partiküller oluşurken, doğal kaynaklardan ise çapı 1 μm 'den büyük partiküller oluşur. Aerodinamik çapı 10 μm 'den büyük olan partiküller birkaç saat yüzeyde kalabilmektedir.

İkincil partiküller; Kimyasal reaksiyon ve yoğuşma ile adsorblama sonucu oluşan partiküllerdir (Çoban, 2009). Motorlu taşıtlar, evsel ısınma, yakma işlemleri gibi pek çok emisyon kaynağı gaz fazında da çeşitli organik ve inorganik bileşenler oluşturur. Oluşan bazı gaz türleri NO_x, SO_x, Nitrik asit (HNO₃) ve amonyak (NH₃) gaz fazından kimyasal reaksiyonlarla sülfat, nitrat ve amonyak içeren partikül fazına dönüşebilir. Sülfatlar ve nitratlar yaygın ikincil partiküllerdir. Atmosferik gazlar absorpsiyon, çözünme ve yoğuşma ile askıda partikül haline gelebilirler (Süren, 2007).

Pek çok kaba partikülün kaynağı birincil partiküldür ve biyolojik partikülleri, tarım ve inşaat faaliyetleri sonucu oluşan partikülleri, deniz aerosollerini ve yollardan kaynaklı tozları içermektedir. İnce PM'lerin kaynağını ise temelde ikincil partiküller oluşturmaktadır. İnce partiküllerin diğer kaynakları ise termik santrallerde yakıt yanması ve hidrokarbon içerikli yakıtların araçlarda yanması gibi yüksek sıcaklıktaki prosesler oluşturmaktadır ve bunlar birincil partiküllerdir (Steekeva, 2009).

2.3.3. Partikül Maddelerin Kimyasal Özellikleri

Kaba partiküller toprak elementlerinden veya okyanuslardaki deniz tuzu elementlerinden oluşmaktadır. Bu nedenle, kaba partiküllerde temel olarak, Si, Al, Fe, K, Ti, Mn ve Sr gibi elementler bulunmaktadır. İnce partiküllerde ise sülfat, nitrat, organik ve elementel karbon, amonyum iyonları ve çeşitli iz elementler bulunmaktadır (Finlayson-Pitts ve Pitts, 1986).

Atmosferdeki kimyasal reaksiyonlar, uzun taşınım süreleri, meteorolojik şartlar gibi fiziksel koşullar da partikül maddenin kimyasal bileşiminde oldukça etkilidir. Partiküller, metal ve metal olmayan farklı yapıdaki bileşenlerin birleşmesi sonucu ortaya çıkabilir ve organik veya inorganik yapıda olabilir. (Harrison ve Yin, 2004).

Partikül maddenin kimyasal içeriği ile ilgili yapılan çalışmalar genellikle kıtalar üzerinde yürütülen çalışmalardır. Bu çalışmalarda bulunan sonuçlarda bazı bileşiklerin konsantrasyon yüzdeleri Tablo 2.1'de verilmektedir.

Tablo 2.1: Kıta partiküllerinde bulunan bazı bileşiklerin konsantrasyon yüzdeleri (İvlev ve Dovgalyuk, 2005).

Bileşik	Konsantrasyon Oranı, %
SiO ₂	40- 50
Al ₂ O ₃	15
Fe	5,4- 6,0
CaO	2,4- 0,9
Na ₂ O	2- 1,5
K ₂ O	1,9- 1,1
MgO	1,5- 1,2
TiO	1,0- 0,2
MnO	0,08- 0,05

Bu elementlerin haricinde Cu, Ba, Ni, Sc, Cr, Zn elementleri diğer en yüksek tespit edilen elementlerdendir. Denizden ve sanayi bölgelerinden uzakta bulunan bölgelerdeki atmosferin alt kısımlarında bulunan partiküller toprak kaynaklıdır. Bazı araştırmalara göre atmosferdeki bütün partiküllerin %50'si topraktan kaynaklanmaktadır. (Stakeeva, 2008).

Tüm dünyada kentsel alanlardaki partikül maddeler, örnekleme bölgesine göre değişkenlik göstermesine rağmen benzer bileşenler içermektedir. Bu bileşenler ve oluşum şekilleri Tablo 2.2'da verilmiştir.

Tablo 2.2: Kentsel partiküllerin içerdikleri bileşenler ve oluşum şekilleri (Vallius, 2005).

Bileşen	Oluşum Şekli
Sülfat	Genellikle atmosferdeki kükürt dioksitin oksidasyonu sonucu oluşur.
Nitrat	Genellikle azot oksitlerin (NO, NO ₂) oksidasyonu sonucu oluşur.
Elementel karbon (EC) ve organik karbon (OC)	Yanma prosesleri (kentsel alanlarda özellikle trafik) birincil karbonlu partikülleri ve yarı-uçucuların ortama yayar.
Amonyum	Amonyum tuzlarının sülfürik ve nitrik asit ile nötralizasyon reaksiyonlarında oluşur.
Klorür	Ana kaynağı deniz spreyleri ve kış boyunca kullanılan buzlanma önleyici tuzlardır. Aynı zamanda elektrik santrali ve çöp yakımı ile oluşan HCl'nin amonyak nötralizasyonu ile oluşur.
Biyolojik maddeler	Bakteri, spor, polen ve bitki artıklarından oluşur ve genellikle kaba partikül sınıfındadırlar. Pek çok çalışmada biyolojik bileşen olarak

Tablo 2.2 (devam): Kentsel partiküllerin içerdikleri bileşenler ve oluşum şekilleri (Vallius, 2005).

	ayrılmak yerine organik karbon bileşeninin bir parçası olarak düşünülür.
Yer kabuğu maddeleri	Toprak tozu ve rüzgarın havalandırdığı yer kabuğu maddeleri bölgesel jeoloji ve yüzey durumunu yansıttığı için oldukça çeşitli bileşimdedirler. Genel olarak Fe, Ca, Al, Si, K ve Cl yer kabuğu elementleridir. Yer kabuğu elementleri genellikle öncelikli olarak mekanik etkilerle kaba partikül boyutunda oluşur.

2.3.4. Partikül Maddelerin Sağlığa Etkileri

Partikül maddeler atmosferde uzun bir süre kalabilir ve çok uzun mesafelere taşınabilir. Aerodinamik çapları küçüldükçe atmosferde dakikalar veya saatler boyunca kalabilir ve kaynaklandığı bölgede etkisini daha hızlı gösterdiklerinden ultra ince ve ince partiküller sağlık üzerinde önemli bir risk oluşturmaktadır.

Partikül madde insan vücuduna 3 şekilde girmekte olup bunlar, solunum, deri ve besin yoludur. Bu maruziyet yollarından en önemli olanı solunum yoludur. Dolayısıyla partikül maddelerin sağlık etkileri de daha çok solunum sisteminde görülür. Bu etkiler, solunum semptomlarında artış (hava yolları tahrişi, öksürük ve nefes darlığı), akciğer fonksiyonlarında azalma, astım, kronik bronşit, düzensiz kalp atışları, öldürücü olmayan kalp krizleri ve insanlarda kalp ya da akciğer hastalıklarına bağlı erken ölümler şeklinde gözlemlenebilir (Yatkin, 2006; Kurutaş, 2009). Yapılan çalışmalarda, partikül maddeler ile kalp hastalıkları ve ölüm oranı arasında anlamlı istatistiksel korelasyonlar bulunmuş olup; partikül kirliliği, kalp ritminde bozukluklar ve kalp krizi ile de bağlantısı olduğu tespit edilmiştir (Koçak, 2006; Scherbakova, 2010).

Dünya Sağlık Örgütü (WHO) "Fact Sheet Euro (2003)" raporunda, endüstriyel faaliyetlerin gelişmiş olduğu Batı Avrupa ülkelerinde, çocuklarda astım hastalığının daha sık görüldüğü ve Doğu Avrupa ülkelerindeki çocuklarda görülme sıklığının on katı olduğunu belirtmiştir. Aynı raporda, yıllık ortalama $20\mu\text{g}/\text{m}^3$ PM_{2,5} ve $30\mu\text{g}/\text{m}^3$ PM₁₀ konsantrasyonuna maruz kalma ile bronşit semptomlarının arttığı ve akciğerlerde fonksiyon bozukluğunun olduğu açıklanmıştır.

Dünya Sağlık Örgütü Avrupa Bölge Ofisinin 2003 yılında yayınladığı raporda, partikül maddeye maruz kalmanın kalp-damar ve solunum sistemi rahatsızlıkları ile arasında bir ilişki olduğuna dikkat çekilmiştir. Kısa vadeli PM10 grubu partiküllerinin etkileri araştırıldığında, PM10 konsantrasyonundaki her 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ artışın, günlük ölümlerde %6, astım şikayetlerinde %1, kalp-damar ile ilgili şikayetlerde ise %0,5 artışa sebep olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca 65 yaş üstü insanlarda akciğer hastalıklarının olduğu gözlenmiştir. Bu partiküllerin uzun vadedeki etkilerini gösteren bir araştırmada ise İsviçre’de sekiz farklı toplumda yaşayan insanlarda PM10 ile akciğer fonksiyonları arasında negatif bir ilişki olduğu belirtilmiştir (Uğur, 1991).

Partikül maddelerin sağlığa olumsuz etkileri aerodinamik partikül çapına bağlı olarak değişmektedir. Çap küçüldükçe sağlık üzerindeki olumsuz etkisi o kadar artmaktadır. Özellikle 10 μm ’den küçük boyutlu partikül maddelerin sağlık üzerine olumsuz etkisi daha büyük olup, bunlar kandaki CO_2 ’nin oksijene dönüşümünü yavaşlatarak nefes darlığına sebep olmaktadır. İnce partikül maddeler akciğere kadar ulaşabilmekte olup kana dahi karışabilmektedir. Partikül maddelerin aerodinamik çapı kadar fiziksel ve kimyasal özellikleri de sağlığı etkileyen faktörlerdendir. Partikül maddeler içerisindeki Pb, Hg, Cr, Cd, Ni gibi ağır metaller ve PAH, furan, dioksin gibi organik kimyasallar ve kurum, kül, benzin gibi maddelerin uzun süre solunduğunda kanser yaptığı bilinmektedir (Süren, 2007).

İnsan solunum yolları burun ve nefes borusundan oluşan üst solunum yolları ve bronşlardan meydana gelir. Bronşlar ise çok sayıda hava borucuklarına ayrılır ve bunlar en sonunda alveol denen hava kesecikleriyle son bulur. Alveol yüzeyinde aynı zamanda kirli kanı getiren ve temizlenen kanı geri götüren kılcal damarlar da bulunmaktadır. Bu dokularda difüzyon yoluyla havadaki oksijen, kandaki karbondioksit ile yer değiştirerek kan kalbe ulaşır ve vücuda dağılır. Karbondioksit ise artan hava ise geriye dönerek nefes verme sırasında dışarı çıkar. PM10 akciğere kadar ulaşabilmekte ve kanın içindeki karbondioksitin oksijenle yer değiştirmesini yavaşlatarak nefes darlığına neden olmaktadır. Bu durumda oksijen kaybının giderilebilmesi adına kalbin daha fazla çalışması gerektiği için kalp üzerinde ciddi bir baskı oluşur. Tozlar ve gazlar, nemli ve sıcak akciğer alveollerinde kimyasal olarak çözülerek kana karışabilirler. Böylece çeşitli zehirli maddeler dolaşım sistemi ile hedef seçtikleri diğer organlara kadar ulaşırlar. Ayrıca birçok farklı bileşenden oluşmuş olan partikül maddeler

akciğerde aside dönüşmektedir. Duman içerisinde bulunan çinko, amonyum, sülfat, akciğerde sülfürik aside dönüşmektedir (Süren, 2007).

Partikül maddelerin vücuda vereceği etkiler de kimyasal karakterizasyon ve partikül çapına göre değişiklik göstermektedir. Tablo 2.3'te de görüldüğü gibi partikül maddelerin insan vücuduna verdiği etkiler çaplarına göre değişiklik göstermektedir.

Tablo 2.3: Partikül boyutu ve solunum sistemine etkileri (Şahin ve Onat, 2008).

11 μm ve yukarısı	Solunum sistemine girmez
7- 11 μm arası ve yukarısı	Burun içinde tutulur.
4,7- 7 μm	Boğazda (yutak) tutulur.
3,3- 4,7 μm	Nefes borusu ve ön bronşlarda tutulur.
2,1- 3,3 μm	Orta kısımdaki bronşlarda tutulur.
1,1- 2,1 μm	En uç bronşlarda tutulur.
0,65- 1,1 μm	Solunum borusunda tutulur.
0,43- 0,65 μm	Akciğer alveollerinde tutulur.

Hg, Pb, Cd gibi ağır metaller ve PAH, dioksin, furan gibi organik kimyasallar içeren partikül maddeler, sağlık açısından önemli olup birçok solunum rahatsızlıklarına neden olmakta uzun vadeli maruziyetlerde ise kansere dahi neden olabilmektedir. Partikül maddelerin içeriğindeki bileşenler akciğerde nemle birleşerek aside dönüşmektedir. Duman bileşenlerinde bulunan Zn ve amonyum sülfat akciğerde sülfürik aside dönüşebilmektedir. Kurum, uçucu kül, benzin ve dizel egzoz partikülleri benzo (a) piren gibi kanser yapıcı maddeler içerdiklerinden bunların uzun vadeli maruziyetlerinin kanser yaptığı bilinmektedir (Öztürk, 2008).

PM2.5; akciğere kadar ulaşır, kanın içindeki karbon dioksitin oksijene dönüşümünü yavaşlatmakta, bu da nefes darlığına neden olmaktadır. Partikül maddelerin sağlık üzerine etkileri akuttan daha çok kroniktir. Uzun süre partikül madde kirliliğine maruz kalındığında akciğerde partikül madde birikmesi sonucu kalıcı sağlık problemleri görülmektedir (Öztürk, 2008).

Havada partikül madde konsantrasyonunun yüksek olan yerlerde sağlık kurumlarına müracaatlarda artışlar görülmektedir. Partikül madde kirliliği bazı kalp ve akciğer hastalarının ölümüne neden olmaktadır. Kısa süreli olarak PM10 kirliliğine maruz kalındığında akciğer hastalıkları daha da ağırlaşabilirken kalp hastası olan kişilerde ise kalp atışlarının hızını arttırmaktadır (Öztürk, 2008).

Partikül maddeye maruziyet yönünden riskli olan sanayi çeşitleri ağaç ürünleri, petro-kimya, metal işleme ve kaplama, dokuma, matbaacılık, enerji ve gemi yapım gibi endüstrilerdir. Türkiye nüfusunun çalışan kesiminin %20,1'lik kısmının da sanayi çalışanı olduğu düşünülecek olursa partikül maddeden kaynaklanan risklerin öncelikle işyerlerinde azaltılması yönünde çalışmaların yapılmasının önemi ortaya çıkmaktadır.

2.4. PARTİKÜL MADDELER İÇERİSİNDEKİ METALLER

Metaller ve diğer kirleticilerin kaynaklarının çok çeşitli olması, çevre şartlarında dayanıklı olmaları, biyolojik ve kimyasal reaksiyonlara girerek besin zincirine geçişleri sebebi ile canlılarda ve özellikle insanlardaki etkileri çok önemlidir (Sağlam ve Cihangir,1995, Baş ve Demet, 1992, Sivaslıgil, 2007).

Sağlığı olumsuz etkileyen elementler arasında Pb, Cd, Zn, Ni, As, Hg, Co gibi metaller önem taşımaktadır. Atmosferde yer alan partiküllerde bulunan bu elementlerin, kömür, odun, petrol ve atıkların yanması ile metal üretimi gibi çeşitli kaynakları mevcuttur. Metal proseslerinden yayılan kurşun, motorlu taşıtlardan daha fazla olup vücutta farklı organlarda birikim göstererek başta solunum sistemi olmak üzere sinir sistemi üzerine de olumsuz etkiler yapabilmektedir (Finlayson-Pitts ve Pitts 1986; Ayvaz Kahramantekin, 2006).

Birikim sonucu toprağa ve buradan da bitkiler ile besin zincirine geçebilen Zn ve Cd, solunum sistemi ile insan vücuduna geçerek çeşitli nörotoksik ve kanserojen etkilere sebep olabilmekte ve böbrek tahribatında büyük önem taşımaktadır (RSHM, 2004; Yatkın, 2006). Ni ise solunum, deri ve sindirim yolu ile insan vücuduna girebilmekte ve akciğerlerde emilimi gerçekleşmektedir (RSHM, 2004). WHO tarafından yapılan çalışmalarda As elementine maruziyet ile akciğer kanseri arasında ilişki olduğu, belirtilmiştir (WHO, 2000).

2.4.1. Bakır (Cu)

Bakır, simgesi Cu, atom numarası 29 olup doğal ortamlarda, toprakta, suda, havada bulunabilen bir metaldir. Bakır yer kabuğunda yaklaşık 2-100 mg/kg arasındaki konsantrasyonlarda, toprakta ise yaklaşık 5-5,6 mg/kg konsantrasyonlarında görülmektedir. Bakır, motorlu taşıtlarda egzoz gazları ve diğer partiküller ile birlikte çevreye atılmaktadır (Altundağ, 2002).

Bakır kirliliği antropojenik faaliyetler sonucunda olduğu gibi emisyon ve atmosferik birikimler, pestisit kullanımı ile kömür ve maden yataklarından kaynaklanabilmektedir. Bakır toksisitesi genellikle bitkilerde açığa çıkar ve bitki bünyesinde protein sentezi, fotosentez, solunum, iyon alımı gibi bazı fizyolojik olayların bozulmasına neden olur (Sosse ve diğ., 2004; Öktüren ve Sönmez, 2007).

Bakır atığı üreten endüstriler arasında bakır madenini işleyen fabrikalar, diğer madenlerin eritildiği endüstriler, çelik, plastik, kimya endüstrisi, hayvancılık ve özellikle de kümes hayvanları içeren tesisler, organik kimya endüstrisi ve yem sanayi sayılabilir (Özkan, 2009).

Vücut anatomisinde bakır bir miktar bulunmaktadır. Saç, derinin esnek kısımları, kemik ve bazı iç organların temel bileşenidir. Hayvan ve insanda özellikle karaciğerde depolanır. Bakırın az miktarda bulunması zehirli değildir. Yüksek dozda bakır alınması durumunda; bulantı, ishal, mide rahatsızlıkları ve kusma meydana gelir (Altundağ, 2002, Özkan, 2009, Kahvecioğlu ve diğ., 2004).

2.4.2. Nikel (Ni)

Nikel, simgesi Ni, gümüşümsü, beyaz, sert bir metaldir. Yerkabuğunda 10-1000 mg/kg civarındadır. Nikel genelde kromla birlikte kullanılmakla birlikte en çok çelik endüstrisinde görülmektedir. Nikel alkali pillerde, kaplama proseslerinde, madeni para üretiminde, elektrik fişlerinde ve makine parçalarında bulunmaktadır.

Nikel, yakıtların ve kentsel atıkların yanması, madencilik ve rafinasyon işlemleri gibi prosesler ile atmosfere yayılmaktadır. Kömürün yanması sonucunda meydana gelen nikel sülfat emisyonu, havadaki toplam nikel sülfat emisyonunun %20-80'ini oluşturur. Avrupa'da yapılan bazı çalışmalarda kentlerden uzaklıklarına göre; uzak alanlarda 0-0,6 ng/m³, kent yakınında 9-50 ng/m³, kentlerde ise 60-300 ng/m³ nikel konsantrasyonları tespit edilmiştir (Kahvecioğlu ve diğ., 2004, Altundağ, 2002, RSHM, 2005).

Nikelin bilinen sağlığa olumsuz etkisi çok olmamak ile birlikte orta seviyede zehirleyicidir. Nikel önce absorbe olarak kan dolaşımına geçer. Nikelin çalışanlarda astım, solunum yetersizliği, kronik bronşit kanser riskini artırma gibi olumsuz sağlık etkilerinin yanı sıra, burun ve gırtlak kanserlerine neden olduğu kanıtlanmıştır. Toz halindeki nikel ve nikelin

kimyasal bileşikleri kanser yapıcı maddeler sınıflandırılmasında A1(kanserojen) kategorisinde yer almaktadırlar. (Kahvecioğlu ve diğ., 2004)

2.4.3. Mangan (Mn)

Mangan, simgesi Mn, atom numarası 25 olan grimsi, sert ve kırılğan bir metaldir. Sağlığı olumsuz etkileri arasında şişmanlık, kan pıhtılaşması, saç rengi değişikliği, deri problemleri sayılabilir. Mangan genellikle çelik endüstrisinde kullanılmakta olup pil üretiminde ve az miktarda seramik sanayinde kullanılmaktadır.

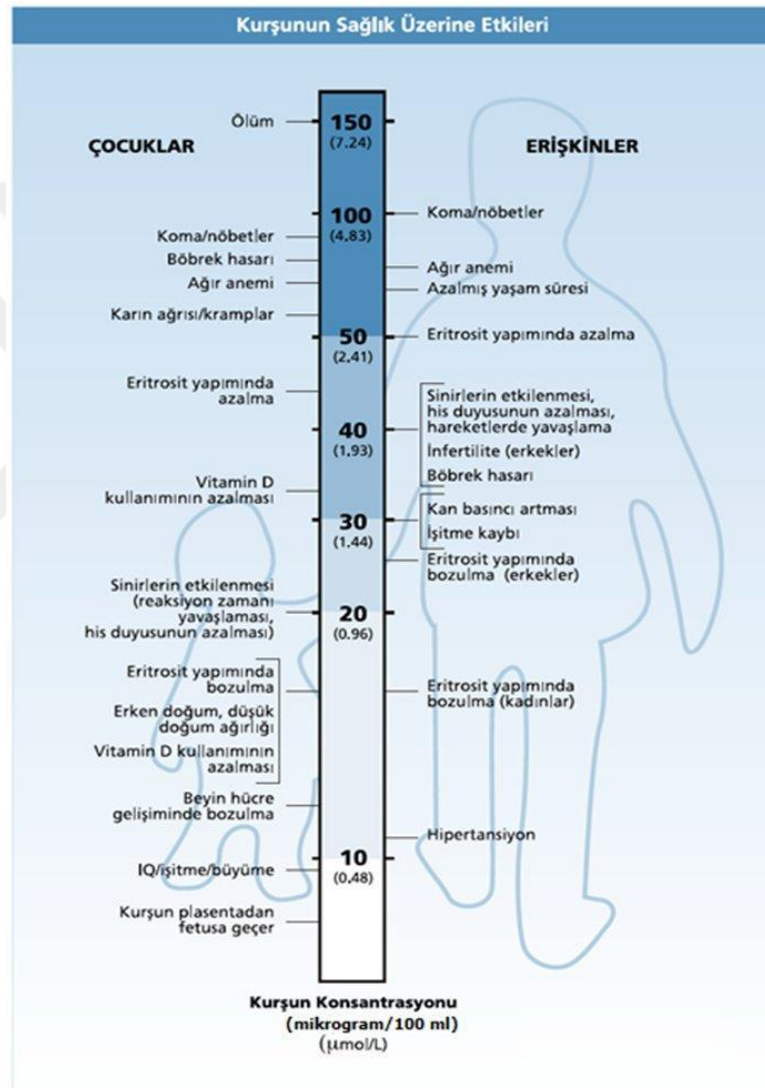
2.4.4. Kurşun (Pb)

Kurşun, simgesi Pb, atom numarası 82, mavimsi veya gümüş renkli, yumuşak bir metaldir. Toprak ve bitkilerde küçük miktarlarda bulunan doğal bir elementtir. Kurşun miktarının yüksek olması hem bitki ve hayvanlar için hem de toprak için toksik etki yapmaktadır. Kurşunun bitki ve toprak yapısına katılması gübre, pestisit, atık sular, hava kaynaklı gazlar yoluyla olmaktadır. Kurşun atmosfere metal veya bileşik olarak yayıldığından ve her durumda toksik özellik taşıdığından çevresel kirlilik yaratan en önemli ağır metaldir (Kahvecioğlu ve diğ., 2004, Çavuşoğlu ve diğ., 2006).

Kurşun döngüsünün en önemli yolu atmosferdir. Endüstriyel prosesler sırasında oluşan tozlar ve kurşun içeren yakıtların dumanları havadaki kurşunun önemli kaynaklarıdır. Ayrıca yakma fırınları, madenler ve fosil yakıtların kullanıldığı endüstriyel prosesler kurşunun atmosfere yayılımını sağlayan diğer kaynaklardır.

Kurşunun insan vücuduna girişi solunum ile olduğu gibi sindirim sistemi ve deri yolu ile de gerçekteşebilir. Endüstriyel kurşun zehirlenmelerinde alınan kurşunun %30-40 kadarı kan dolaşımına geçer. Solunum sistemi ile olan etkilenmeler daha önemli olmasına rağmen genel nüfus için sindirim sisteminin etkisi daha büyük olduğu söylenebilir. Kurşunun solunum ve sindirim sistemleriyle vücuda girmesini etkileyen faktörler arasında parçacık çapı, maddenin fiziksel ve kimyasal özellikleri, kişinin yaşı, fizyolojik durumu, beslenmesi ve hijyen alışkanlıkları gibi özellikleri sayılabilir. Toz partiküllerin çapının 1,0 µm 'den küçük olması durumunda veya işgücünün artması ile hızlı ve derin nefes alıp verme sonucunda emilim artar. (Civelek, 2001).

Kandaki kurşun konsantrasyonunun 0,2 µg/ml limitini üstünde olması sağlığı olumsuz etkilemektedir. Şekil 2.3'te kurşunun yetişkin ve çocuk sağlığına etkileri verilmiştir. Kandaki kurşunun konsantrasyonu; 0,2 µg/ml limitini aşması ile kan sentezinin inhibasyonu, 0,3-0,8 µg/ml limitlerinde duyu ve motor sinir iletişim hızında azalma, 1,2 µg/ml limitinin aşılmasından sonra ise yetişkinlerde geri dönüşü mümkün olmayan beyin hasarları meydana geldiği belirlenmiştir [URL1].



Şekil 2.3: Konsantrasyonlarına göre kurşunun yetişkin ve çocuk sağlığına etkileri [URL1].

2.4.5. Krom (Cr)

Krom, simgesi Cr, atom numarası 24, beyaz-mavi renkli, sert bir metaldir. Doğada her yerde var olan krom havada 0,1 µg/m³ seviyesinde bulunurken yer kabuğunda 122 mg/l seviyesinde

bulunmaktadır. Krom, sanayide metal kaplama, seramik, boyalar, katalizör ve aydınlatma sistemlerinde kullanılmaktadır.

Yetişkin bir insanın günlük krom alımı 30-200 µg olup toksik bir etkisi yoktur. Fakat krom, bilinen en genel alerjen maddedir. Literatürde solunum ve deri teması ile kroma maruz kalmada çeşitli sağlık sorunları görülmesine rağmen kesin sınır değerleri belirtilmemiştir (Altundağ, 2002, Kahvecioğlu ve diğ. 2004, Efeçinar 2009).

2.5. METAL KAPLAMA ENDÜSTRİSİ TANIMI VE PROSES AŞAMALARI

Metal kaplama endüstrisi, metal yüzeyini çeşitli yöntemlerle işleyerek kullanıma uygun hale getiren bir endüstri dalıdır. Kaplama sonucunda oluşan metal kristal formdadır ve kristalin boyutu kaplamanın özelliklerini belirler. Bu özellikler kristallerin birikiminin adhezyon, görünüş, sağlamlık ve diğer özelliklerini kapsamaktadır. Kaplama hücresinin özelliklerinden en önemlisi elektrolitin kimyasal bileşimi, akım yoğunluğu ve fiziksel özellikleridir (Berkem, 1978).

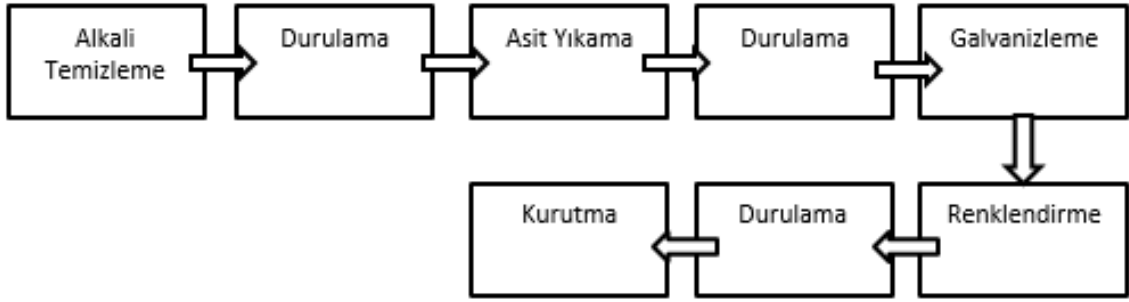
Galvanizleme işlemi ise kaplanacak parçaların sulu elektrolit çözelti içinde doğru akım ile kaplanmasıdır.

Kaplamaların sağladığı avantajlar aşağıdaki gibidir:

- Korozyona karşı dayanım
- Sertlik
- Parlak ve pürüzsüz yüzey
- Elektrik iletkenliğini artırması
- Aşınmaya karşı dayanıklılık
- Daha iyi bir dış görüntü
- Lehimlenebilme (Sönmez, 2006)

Türkiye’de metal kaplama üretim kapasitesi TOBB (Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği) verilerine göre 574.708 ton/yıl iken 2011 yılında 2.300.000 ton/yıl ulaşmıştır. 2006 yılından bu yana geçen süreçte kapasite hızla artmakta ve metal kaplama Türkiye’deki sektörler arasında önemli bir yer almaktadır.

Metal kaplama farklı yöntemler ile gerçekleştirilmekte olup genel süreçler yüzey hazırlık ve kaplama süreçlerini içermektedir (Şekil 2.4). Metal kaplama işlemleri; ön işlemler, galvanizleme, yıkama, kurutma, metal kaplama (sıcak daldırma, elektrolit kaplama vb.), yağ giderme, durulama, tekrar kurutma prosesleri olarak verilebilir.



Şekil 2.4: Metal kaplama prosesi için iş akış diyagramı.

Metal kaplama prosesi aşağıda belirtilen işletme prosedürlerinden oluşmaktadır:

2.5.1. Ön İşlemler / Temizleme

Metal kaplama için önemli bir aşama olan bu işlem; metal yüzeylerinde biriken kir ve yağ arındırmak amacıyla yapılmaktadır. Bu işlemler; solvent veya sulu çözeltiler yardımıyla, asitle aşındırma veya nötralizasyon ile gerçekleştirilir.

2.5.2. Durulama

Hemen hemen her proses adımından sonra üretim parçasının kalıntı proses kimyasalından arındırmak amacıyla su veya demineralize su ile temizlenmesi gerekmektedir. Yıkama suyu kullanılmış etken maddeleri içerdiğinden geri kazanılması gerekmektedir. Şekil 2.5'te kromat kaplaması sonrasında gerçekleştirilen durulama yer almaktadır.



Şekil 2.5: Kromat kaplama sonrası durulama.

2.5.3. Kurutma

Son durulama sonrasında elde edilen parçaların lekesiz olarak kurutulması gerekecektir. Bu işlem demineralize edilmiş su veya organik iticiler (Testbenzini gibi) ile gerçekleştirilmektedir.

2.5.4. Metal Kaplama İşlemleri

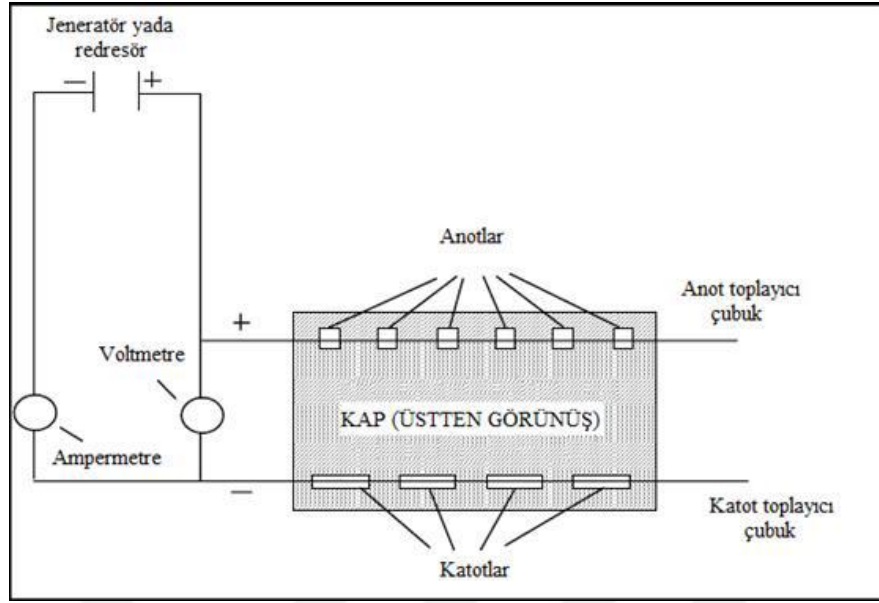
Metal kaplama işlemlerinde uygulanan birçok kaplama metodu bulunmaktadır. En çok kullanılan metotlar; sıcak daldırma, elektrokaplama, sıcak püskürtme ile kaplama, elektriksiz kaplama ve kimyasal dönüştürmedir.

2.5.4.1. Sıcak Daldırma

Kaplanacak metal, başka bir metalin erimiş banyosuna daldırılır. Erimiş metal, iki metal arasında alaşım oluşturarak kaplamayı sağlar. En yaygın ve en ucuz kaplama seçeneği olduğundan çoğunlukla tercih edilen bir metottur. Alüminyum, kurşun, kalay, çinko kaplamaları için bu yöntem uygundur (Uzun Parlak, 2008).

2.5.4.2. Elektrolit Kaplama

Elektrik akımı kullanılarak gerçekleştirilen bu metotta, kaplanacak metal katot olarak kullanılırken banyo içerisinde çözüldürülen metal anodu oluşturmaktadır ve metal üzerinde birikerek kaplama gerçekleştirilir. Elektrokaplama banyolarında metal tuzları, kimyasallar, katkı maddeleri yer almaktadır. Elektrokaplamanın akış şeması Şekil 2.6'da yer almaktadır.



Şekil 2.6: Elektrolit kaplama (EPA).

Elektrolit kaplanacak metali içeren iyonik bir çözeltilidir. Proses işletimi sırasında hücrede negatif değerde yük bırakması için katotta reaksiyon gerçekleşmektedir. Yük bırakması birçok parametreye bağlı olup bunlar sıcaklık, akım yoğunluğu ve iyonik konsantrasyondur. Katotta istenen birikimin gerçekleşmesi için elektrolitte önce iyonik metali bulundurmak için o metalin basit bir tuzlu çözeltisi kullanılmaktadır. En çok kullanılan anyonlar ve tuzları nitrat, klorür ve sülfattır (Çetinkaya, 2006).

Tablo 2.4: Elektrokaplama kullanılan kaplama banyoları ve bileşenleri (Wang ve diğ., 1992).

Elektrokaplama Banyoları	Bileşenleri
Pirinç ve bronz	Bakır siyanür Çinko siyanür Sodyum siyanür Sodyum karbonat Amonyak
Kadmiyum siyanür	Kadmiyum siyanür Kadmiyum oksit Sodyum siyanür Sodyum hidroksit
Kadmiyum floroborat	Kadmiyum floroborat Floroborik asit Borik asit Amonyak floroborat

Bakır siyanür	Bakır siyanür Sodyum siyanür Sodyum karbonat Sodyum hidroksit
Asit bakır sülfat	Akır sülfat Sülfürik asit
Krom	Kromik asit Sülfürik asit
Florid katalizi ile krom	Kromik asit Sülfat Florür

2.5.4.3. Elektriksiz Kaplama

Elektriksiz kaplama otokatalitik veya daldırma ile yapılan kaplamadır. Otokatalitik kaplamada indirgen kimyasal maddeler kullanılır ve çözeltideki metal iyonları, kaplanacak metalin üzerinde birikerek işlem gerçekleşir.

2.5.4.4. Kimyasal Dönüştürme ile Kaplama

Yaygın olarak kullanılan bu kaplama çeşidi, baz metale veya daha önce kaplanmış bir metale uygulanarak çeşitli özelliklerinin iyileştirilmesi veya dekoratif bir görünüm elde edilmesi amaçlanır. Kromatlama, fosfatlama ve metal renklendirme işlemleri bu kaplama çeşitlerindedir (Arslan, 2008).

2.5.4.5. Sıcak Püskürtme ile Kaplama

Temizlenen çelik üzerine erimiş haldeki (çinko, alüminyum vb.) metalin sıcak olarak püskürtülmesi işlemidir. Püskürtme ile yüzey üzerinde sadece yapışma meydana gelir.

2.6. ÜLKEMİZDE VE YURT DIŞINDA HAVA KALİTESİ KONUSUNDAKİ STANDARTLAR

Hava kalitesi standartları konusunda Türkiye’de 2872 sayılı, 9 Ağustos 1983 kabul tarihli Çevre Kanunu’na dayanılarak 02.11.1986 tarihinde Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği (HKKY) uygulamaya konmuştur. Avrupa Birliği uyum sürecinde yapılan çalışmalar neticesinde Çevre ve Orman Bakanlığı Hava Kalitesinin Korunması amacı ile bu yönetmeliği 3 farklı yönetmelik olarak düzenlemiş ve yürürlüğe koymuştur. Bunlar, 7 Ekim 2004 tarih, 25606 sayı ile “Endüstriyel Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği” (EKHKKY), 13 Ocak 2005 tarih, 25699 sayı ile "Isınmadan Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Kontrolü

Yönetmeliği" (IKHKKY) ve 6 Haziran 2008 tarih ve 26898 sayı ile "Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği" (HKDYY) olarak yayınlanan yönetmeliklerdir. "Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği" (HKDYY)'ne ait Ek-I A'sında yer alan "Geçiş Dönemi Uzun Vadeli ve Kısa Vadeli Sınır Değerleri ve Uyarı Eşikleri" cetveli 5 Mayıs 2009 da değiştirilmiştir. Bu üç yönetmelik emisyon ve dış ortam imisyonla ilgili sınır değerler için kullanılmakta olup iç ortam hava kalitesiyle ilgili herhangi bir düzenleme yoktur.

İç hava standartlarının amaçları kapalı ortamlarda bulunan kirleticiler kontrol altına almak ve insanları bu kirleticilerin zararlı etkilerinden korumaktır. Türkiye'de işyerlerinde iç hava kalitesi ile ilgili çalışmalar 2001 yılında kurulan İş Sağlığı ve Güvenliği Merkezi tarafından yapılmaktadır. Bugüne kadar Avrupa Birliği'ne uyum çerçevesinde Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı tarafından yayınlanmış olan yasa ve yönetmeliklerle kontrol altına alınmak istenirken, henüz genel halk sağlığı kapsamında iç hava kalitesi standartları olarak ülkemizde uygulamaya alınmış herhangi bir sınır değeri yoktur.

Dünya'nın çeşitli ülkelerindeki PM₁₀ ve PM_{2,5} sınır değerleri ile mesleki toz maruziyet sınır değerleri Tablo 2.5 ile Tablo 2.6'da verilmiştir.

Tablo 2.5: Dünyanın çeşitli ülkelerinde PM₁₀ ve PM_{2,5} sınır değerleri ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (Öztürk, 2008).

Ülkeler	Yıllık Ortalaması $\mu\text{g}/\text{m}^3$		Günlük Ortalaması (24 saat) $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
	PM _{2,5}	PM ₁₀	PM _{2,5}	PM ₁₀
ABD	15	-	35	150
Japonya	-	100	-	-
İngiltere	-	40	-	50
A.B.	-	40	-	50
Avustralya	8	-	25	50
Kanada	-	70	30	120
İsviçre	-	20	-	50
Polonya	-	50	-	120
Hindistan	-	60	-	-
Türkiye	-	40	-	50

Tablo 2.6: Mesleki toz maruziyet limit değerleri.

	Tozla m¼cadele y¼netmelięi	ACGIH	NIOSH	HSE
Toz	Solunabilir kısıım: 5 mg/m ³ Toplam : 15 mg/m ³	TWA :5 mg/m ³ STEL: 10 mg/m ³	1998 ¼ncesi TWA: 5 mg/m ³ STEL: 10 mg/m ³ 1998 sonrası Toplam partik¼l: REL: 0,5 mg/m ³ Torakrik: REL: 0,4 mg/m ³	TWA: 5 mg/m ³ STEL: 10 mg/m ³

T¼rkiye’de işyeri ortam havasında bulunan mesleki maruziyet sınır değeri kurşun i¼in Kimyasal Maddelerle ¼alıřmada Sağlık ve G¼venlik ¼nlemleri Hakkında Y¼netmelik ile 0,15 mg/m³, haftada 40 saat ¼alıřma s¼resine g¼re hesaplanmış, zaman ağırlıklı ortalama konsantrasyon değeri ise 0,075 mg/m³ olarak belirlenmiştir.

Ancak bu değerler diğer ¼lkelere g¼re farklılık g¼sterebilmektedir. T¼rkiye’de, diğer ¼lkelerde ve ¼eřitli enstit¼lerde kullanılan kurşun mesleki maruziyet sınır değerleri Tablo 2.7’de g¼sterilmiřtir.

Tablo 2.7: Kurşunun mesleki maruziyet sınır değerlerinin karşılaştırılması.

¼lke / Enstit¼	TWA, mg/m ³
T¼rkiye	0,15
İngiltere	0,15
Almanya	0,15
Japonya	0,1
NIOSH	0,05
OSHA	0,05
ACGIH	0,05

2.7. İÇ ORTAM HAVA KALİTESİ LİTERAT¼R ¼ALIřMALARI

İç ortam hava kalitesini tespit etmek ve iyileştirmek amacıyla yurtdışında bir¼ok ¼alıřmalar yapılmasına karşın T¼rkiye’de konunun yeni olması ve yeterince dikkate alınmamasından dolayı yapılan ¼alıřma sayısı oldukça azdır. Bu ¼alıřmalar genelde sanayi tesislerinde, ev, ofis, okul ve hastane gibi iç mekanlar tercih edilerek iç hava kalitesini belirlemek amacıyla ¼l¼¼mlerin yapılması ve değerlendirilmesi konularını kapsamaktadır.

2.7.1. Yurtdışında Konu ile İlgili Yapılmış Olan Çalışmalar

Amerikan Çevre Koruma Örgütü'nün (EPA) çalışmaları; iç ortamdaki kirletici konsantrasyonları dış ortama nazaran 5-100 kat daha fazla olduğunu göstermektedir. Yirminci yüzyıldan itibaren dış hava kirliliği etkileri bilinirken, iç ortam hava kalitesinin incelenmesi ve değerlendirilmesi son 30 yılı geçmemektedir. İnsanlar zamanlarının yaklaşık %90'ını iç ortamlarda geçirmektedir, bu konu dikkate alındığında, iç hava kirleticilerinin sağlık etkileri daha da önem kazanacaktır [URL2].

Amerikan Çevre Koruma Ajansının (EPA-1995) hazırladığı “İç öykü: İç hava kalitesi kılavuzu” adlı kitapçık konu ile ilgili olarak iç hava kalitesi, iyileştirilmesi süreçleri ve kirletici kaynaklarının incelenmesi hakkında bilgi vermektedir [URL2].

Atina’da yapılan bir çalışmada müze, matbaa endüstrisi ve bir ofis olmak üzere üç farklı iç ortamda hava kirleticilerinin kaynaklarını tanımlamak için ölçümler yapılmıştır. Bu çalışma ile partikül madde (TSP, PM₁₀, PM_{2.5}), inorganik kirleticiler (NO_x, SO₂, O₃) ve organik bileşiklerin konsantrasyonları izlenmiştir. Konsantrasyonlar iç ortamdaki aktivitelere, cihazlardan kaynaklanan emisyonlara, kişi sayısına, havalandırma şekline ve dış ortamın etkisine bağlı olarak değişiklikler göstermiştir. PM ölçümü için iç ve dış ortamlarda debisi 2,3 m³/saat olan bir örnekleyici kullanılmıştır. Partiküller 47 mm Tissue Quartz filtreler kullanılarak toplanmış olup kütle konsantrasyonları gravimetrik yöntemle Metler Toledo marka mikroterazi kullanılarak belirlenmiştir. Ayrıca ofislerde ve müzede ışık saçınımı prensibine dayanan otomatik portatif aerosol spektrometresi ile partikül boyut dağılımı (0,23 – 20 µm) belirlenmiştir. VOC örnekleri SKC cihazı ve debisi 100ml/dakika olan bir pompa ile Tenax TA (Chrompack) ile doldurulmuş cam tüpler kullanılarak toplanmış olup termal desorber (Gerstel TDSA) ile birleştirilmiş gaz kromatografisi (Agilent 6890N) ile analizler yapılmıştır. İç ortam aktivitelerini kişi sayısı, havalandırma modelleri ve dış ortam arka planı gibi faktörler etkileyerek üç konum için büyük oranda farklılıklar göstermiştir. Ortalama değerler PM_{2.5} 151 µg/m³, benzen 69,4 µg /m³, toluen 147 µg/m³, SO₂ 47 µg/m³ ve NO₂ 96,6 µg/m³ olarak bulunmuştur. Ayrıca en yüksek değerler matbaa endüstrisinde kaydedilmiştir (Saraga ve diğ. 2011).

Alüminyum ergitme tesisi içinde yapılan bir çalışmada yüksek fırın (S1), yansımali fırın (S2) ve alüminyum ergitme yapılan alan (ikincil bir ALS) çevresinde olmak üzere 3 farklı noktada

PM_{2,5} ölçümleri yapılmış ve metal içeriklerine bakılmıştır. Tesis içinde ve çevresinde yapılan ölçüm sonuçları tüm parametreler için üretim olduğunda S1/S0 ve S2/S0 kütle konsantrasyonları oranı sırasıyla 40,32 ve 18,53, üretim olmadığında 7,83 ve 5,73 olarak tespit edilmiştir. Partikül örnekleri, akış hızı $10,0 \pm 0,2$ l/dk olan kişisel örnek toplayıcı (PEM-PM_{2,5}, MSP) ile dörder saatlik süreyle toplanmış olup örnekleme sonrası Mettler Toledo AT261 cihazında tartılmıştır. Filtrelere daha sonra 630 Watt gücünde mikrodalga fırınında çözündürme işlemi uygulanmıştır. Elementel analizler ise ICP-OES ve ICP-OES-Optima 2000DV (Perkin Elmer) ile gerçekleştirilmiştir. PM_{2.5} için en yüksek değerler S1 de gözlenmiş olup, çalışma anında ve çalışmaz haldeyken S1 ve S2 için sırasıyla $508,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ve $240,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ile $386,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ve $222,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ değerleri tespit edilmiştir. Toplam 26 farklı metal incelenmiş olup alüminyum ergitme yapılan alanda yüksek miktarlarda Cr, Cd, Cu, As, Pb, Se, Al ve Zn gözlenmiştir (Kuo ve diğ., 2007).

Bir diğer çalışmada otomotiv tesislerinde çeşitli tamirhanelerde çalışanların partikül maruziyeti değerlendirilmiştir. Kaynak aktivitelerindeki maruziyet konsantrasyonları Hızlı Mobilite Partikül Ayırıcı, Kondensasyon Partikül Sayıcı, bir Nanopartikül Yüzey Alanı Monitörü ve bir lazer fotometre ile birlikte ölçülmüştür. Tüm tamirhanelerin ortalama partikül konsantrasyon ortalaması 1×10^5 partikül/cm³ ve kaynak aktivitelerindeki yüzey alanı konsantrasyonları ortalaması ise $2.5 \times 10^3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olduğu görülmüştür. En yüksek konsantrasyonlar oksiasetilen kaynağı kapatma aktiviteleri sırasında gözlenmiştir. Otomotiv tesislerindeki emisyon hızları tüm kaynak aktivitelerindeki örnekleme alanlarında 2.8×10^5 partikül/dk, akciğer alveollerinde biriken konsantrasyon $7.0 \times 10^6 \mu\text{m}^2/\text{dk}$ olarak bulunmuş ve tamirhanedeki maruziyetin lokal egzoz havalandırması kullanılarak azaltılabilir olduğu belirtilmiştir. (Buonanno ve diğ., 2011).

Pekin'de yapılan bir çalışmada, araç denetlemelerinde çalışan ve ağır metallerin etkisine maruz kalan işçilerin üzerine araştırma yapılmıştır. Araç denetlemelerinde çalışan işçilerin vardiyasında PM_{2.5} örnekleri debisi 4L/dk olan BGI 400 cihazı ile 37 mm çaplı Teflon filtreler üzerine toplanmıştır. Daha sonra ICP-MS cihazı ile analizleri yapılarak V, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, As, Cd ve Pb konsantrasyonları incelenmiştir. Zn'nun toplam metal içindeki oranı %45'in üzerinde tespit edilerek en çok bulunan bileşen olduğu saptanmıştır. Diğer en yüksek metaller Cr ve Pb olarak bulunmuştur. Soluma yoluyla maruziyet durumunda, sırasıyla benzin, otobüs ve dizel kontrol çalışanları için yaşam boyu kanser riski faktörleri

(ILCR) $2,59 \times 10^{-5}$, $5,56 \times 10^{-5}$ ve $1,01 \times 10^{-4}$ olmakla birlikte, ILCR değerleri kabul edilebilir sınır değer 10^{-6} 'dan daha yüksek olup potansiyel bir kanser riski oluşturulduğu tespit edilmiştir (Li ve diğ., 2013).

Tayvan'da 3 raptiye fabrikasında yapılan çalışmada ise şekil verme, hazırlama ve ısıl işlemler sırasında işyeri ortamlarında yağ buharı aerosollerinin boyut dağılımları ve çalışan işçilerin bu konsantrasyonlara maruziyeti değerlendirilmiştir. Yapılan araştırmada vardiya boyunca işyeri ortamında oluşan partikül boyutlarını ayıran sekiz kademeli Marple (m-Marple) kaskatlı örnekleyici cihazı kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre ince ve kaba mod olmak üzere aerodinamik çapı aralıkları sırasıyla, $0,309-0,501 \mu\text{m}$ ile $8,16-13,0 \mu\text{m}$ aralığında olduğu tespit edilmiştir. İncelenen her üç grupta da solunum yolları ile farklı bölgelerde solunan parçacıkların alveoler bölgede, baş ve torakik bölgelerine göre çok daha yüksek olduğu grlmştir. Solunan kişisel maruziyet seviyeleri düğümleme işlemlerinde çalışan işçiler için $2,11 \text{ mg/m}^3$ şekil verme işlemlerinde çalışan işçiler için $1,58 \text{ mg/m}^3$ ısıl işlemlerde çalışan işçiler içinse $0,0801 \text{ mg/m}^3$ olarak tespit edilmiştir (Chen ve diğ., 2007).

Sanayi yağlamalarında kullanılan metal işleme sıvıları (MİS) ile ilgili solunum bozukluklarını önlemek için NIOSH, 1998 yılında metal işleme sıvıları (MİS) için maruz kalma sınırları (REL) yayınlanmış olup REL değeri (10 saate kadar zaman ağırlıklı ortalama için) akciğerlerde birikebilen boyut için $0,4 \text{ mg / m}^3$ olarak verilmiştir. Bu değer mesleki maruziyet sınırı (OEL), toplam partikül kütlesi için yaklaşık $0,5 \text{ mg / m}^3$ 'e karşılık gelmektedir. Söz konusu olan REL, MİS'e maruziyet sonucu meydana gelen solunum bozukluklarını önlemek için belirlenmiştir. Ayrıca NIOSH'a göre astım ve hipersensitivite pnömonisi gibi en önemli iki solunum hastalığı da mesleki MİS'e maruziyet sonucu meydana gelmektedir. Yayınlanmasından bu yana ne Avrupa İş Sağlığı ve Güvenliği (OSHA), ne de Amerikan Toplum Endüstriyel Hijyenistleri Konferansı (ACGIH) tarafından mineral yağına maruz kalma limitlerinin dışında suda znr MİS için herhangi bir maruziyet sınır değer belirlenmemiştir. Kuzey Amerika'da otomobil ve otomotiv parçaları üretimi yapan firmalar üzerinde karşılaştırılmalı değerlendirme ile yapılan bir araştırmanın sonuçlarına göre çoğu şirket yeni ekipman satın aldığında NIOSH MİS REL bir kullanma kılavuzu kullandığını tespit etmiştir. Ayrıca, kişisel koruyucu ekipman kullanımı ve idari kontroller yoluyla mevcut konsantrasyonların azaltılması gerekmektedir. Bu sınırın altında getirmeye başaramadığı durumlarda çoğu şirket MİS maruz kalma sınırı olarak $1,0 \text{ mg/m}^3$ benimsemiştir.

Organizasyon Kaynakları Danışmanlığı (ORC), 1999 yılında kendi web sitesinde MİS ile ilişkili hastalıkların oluşmasını engellemek için "en iyi uygulamalar" ile ilgili kılavuz kitapçığını yayınlamıştır. ORC'ye göre, $2,0 \text{ mg/m}^3$ seviyelerin altında olan maruziyet, MİS ile ilişkin olan üst solunum yolu şikayetlerini en aza indirmeye yardımcı olmaktadır (Cohen ve White, 2006).

Park ve arkadaşlarının yaptığı bir derlemede maruz kalmayı etkileyebilecek önemli etkenleri belirlemek amacı ile metal işleme sıvısı (MİS) aerosol ölçüm verileri ve aerosolün torakik ve solunabilir fraksiyonlarına ilişkin bir çalışma yapılmıştır. Aerosolere maruz kalma seviyelerini etkileyen en önemli faktörler mühendislik kontrol önlemleri, sanayi tipi, proses ve kullanılan sıvı türleri olduğu belirtilmiştir. Toplam aerosol seviyeleri analizleri sonuçları ortalama konsantrasyonları; 1970'ten önce $5,36 \text{ mg/m}^3$ iken 1970'lerde $2,52 \text{ mg/m}^3$, 1980'lerde $1,21 \text{ mg/m}^3$, 1990'larda $0,50 \text{ mg/m}^3$ ve 2000'lerde $0,55 \text{ mg/m}^3$ olarak verilmiş ve ölçülen seviyelerde önemli bir düşüş olduğu belirtilmiştir. (Park ve diğ., 2009).

Donguk Park tarafından yapılan diğer bir çalışmada metal işleme proseslerindeki mineral ve kimyasal yağların her ikisinin de içerdiği aerosollere mesleki maruziyetini (OEL) değerlendirilmesi ve sağlık risklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. MİS ile ilgili epidemiyolojik çalışmalarda, kanser (gırtlak, kalın bağırsaki deri pankreas vb.), solunum rahatsızlıkları ve deri hastalıklarına sebebiyet verdiği rapor edilmiştir. İş Güvenliği ve Sağlığı Ulusal Enstitüsü, MİS aerosolleri için önerilen maruz kalma sınırı $0,5 \text{ mg/m}^3$ olarak belirlemiştir ve bu değer MİS kaynaklı olan üst solunum rahatsızlıklarını en aza indirmek için doğru ve etkili olarak ifade edilmektedir. (Park, 2012).

İsveç'te yapılan bir diğer çalışmada üç farklı şirketteki büyük ölçekli makine atölyelerinde çalışan operatörlerde kişisel maruziyet ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Bu şirketler çeşitli prosesler ile alaşımli çelik, dökme demir ve alüminyum üretmektedir. Kişisel PAS-6 örnekleyicisi ile 6-8 saatlik solunabilir toplam MİS aerosolleri örneklenmiştir. Kişisel örnekleyicinin pompası olarak SKC, GilAir ve Gillian kullanılmıştır. Solunabilir aerosoller için 25 mm çaplı PTFE filtre kullanılmıştır. Filtreler gravimetrik olarak analiz edilmiştir. Ayrıca adsorbent örnekleyiciler ile formaldehid ve uçucu bileşiklerin kişisel maruziyet numuneleri toplanmıştır. Sürekli toz ölçümleri, 1 dakikalık ortalama değerler kullanılarak 2 saatlik periyotlarla DataRAM ile gerçekleştirilmiştir. Ortalama solunabilir aerosol maruziyeti $0,19 - 0,25 \text{ mg/m}^3$ arasında değişiklik göstermiştir. Ortalama olarak, MİS aerosolü fraksiyonu

solunabilir aerosol konsantrasyonunun %67'si olduğu gözlemlenmiştir. Trietanolamin, formaldehit ve uçucu bileşiklerin maruziyet seviyeleri genel olarak düşük çıkmıştır. Makinelerin tam muhafazası ve temizleme tekniği olarak basınçlı hava kullanımının kaldırılması gibi kontrol önlemleri, MWF aerosollerine maruziyeti, olumsuz sağlık etkilerini azaltmak için gerekli olduğunu göstermiştir (Lillienberg, 2008).

Kanada'da 20 makine dükkanında toplamda 88 makinistin katılımı ile yapılan çalışmada amaç; MİS aerosollerine kişisel maruziyeti değerlendirmek ve maruziyet ile ilgili işyeri faktörlerini araştırmak olmuştur. 54 gün boyunca toplam 322 örnek alınmıştır. Ortalama aerosol maruziyeti, 37 mm çaplı filtre örnekleri için $0,32 \text{ mg/m}^3$ (0,06-2,19 aralığında) ve PM_{10} için $0,27 \text{ mg/m}^3$ (0,026-3,67 aralığında) saptanmıştır. Aerosol maruziyetini; makine cinsine, taşlamaya harcanan zamana, makineyi çalıştırma koşullarına, dükkandaki kaynak varlığına ve PM_{10} örneği için MİS kullanan makine sayısına önemli ölçüde bağlı olduğu gözlenmiştir. İşleme alüminyumuna, öğütmeye, dükkan tavanının yüksekliğine ve mekanik dükkan havalandırmasının varlığına (37 mm çaplı filtre örnekleri için) bağlı olarak aerosol maruziyetinin azaldığı tespit edilmiştir (Ross ve diğ. 2004).

Otomotiv sektöründeki metal işleme sıvısına maruz kalan işçiler arasında hipersensitivite pnömonisini (HP) ele alan bir çalışmada, su bazlı sıvıların kullanıldığı ve bakteriyel kirleticilerin baskın olduğu yerde granülomatoz akciğer hastalığı için bir risk olduğu sonucuna varılmıştır. Çalışmada makine üretimleri, şanzımanlar, elektronik bölümler, soğutma bölümleri ve diğer bileşenleri içeren sekiz ayrı bölüm sonuçları incelenmiştir. Hastalığın düzelebilirliği, birçok maruziyeti durdurma ile gerçekleşebileceği tespit edilmiştir. Vakalar, genellikle $0,5 \text{ mg/m}^3$ 'ten az metal işleme sıvısı maruziyeti ile tanımlanmaktadır. Anket katılımcıları, risk faktörlerine, maruziyet-cevap ilişkilerine, müdahale durumuna göre gözetimlerin artırılması gerektiğini belirtmişlerdir (Kreiss ve Cox-Ganser, 1997).

Simpson ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada metal işleme sıvılarının (MİS) mesleki maruziyeti ile ilgili son yıllarda yapılan araştırmalardan elde edilen analitik ve mesleki hijyen bulguları özetlenmiştir. Bunun için İngiltere'de mineral yağ içeren MİS kullanan 24 endüstri seçilmiştir. Toplam solunabilir partikülleri ölçmek için kişisel filtreli örnekleyiciler kullanılmış olup gravimetrik ölçümler yapılmıştır. Elementel analizler için de ICP-OES kullanılmıştır. Genel olarak mineral yağ MİS buharına mesleki maruziyeti $<3 \text{ mg/m}^3$ (8 saat zaman ağırlıklı ortalaması) ve su karışımı MİS buharı için $<1 \text{ mg/m}^3$ olarak sınır değer kabul

edilmiştir. Çalışma sonunda gravimetrik analiz, mineral yağ MİS buharının iyi bir ön göstergedir fakat su karışımı MİS buharı için bunun geçerli olmadığı görülmüştür (Simpson ve diğ., 2003).

2.7.2. Yurtiçinde Konu ile İlgili Yapılmış Olan Çalışmalar

Türkiye’de iç hava kalitesi ile ilgili yapılan çalışmalar Türkiye’deki yükseköğretim kurumlarına bağlı bazı üniversitelerin fen bilimleri, sağlık bilimleri enstitüleri dışında hala konu üzerinde önemle durulmadığı halde son yıllarda artarak önem kazanmaya başlamıştır.

Yurt dışında yapılan çalışmalar genellikle iç hava kalitesi ölçümü ile ilgilidir. Yurt içi çalışmalarında ise birkaç araştırma dışında iç hava kalitesi ile ilgili geçmiş verilerin derlemelerden oluşmakta olup çalışma sayısı oldukça azdır (Bulgurcu ve diğ., 2006).

Alüminyum ergitme ve şekillendirme fabrikası (jant fabrikası) seçilerek demir endüstrisinde işyeri ortamı hava kalitesi değerlendirilmiştir. Üretim alanında 7 noktada partikül madde (PM10 ve maruziyet tozları), gaz (VOC) ve iz element örneklemeleri yapılmıştır. PM örnekleri için Zambelli DIGIT ISO ve SKC AirCheck 2000 örnekleyiciler kullanılarak ağırlıkça konsantrasyonlarına bakılmıştır. Toplanan örnekler iz elementlerden Si, Fe, Cu, Mn, Zn, Mg, Pb, Sb, Sn, Sr, As, Cr, Cd, Se ve Al için ICP-OES ile konsantrasyonlar ölçülmüştür. Fabrika yönetimi üretim alanının bir bölümündeki havalandırma sistemini değiştirerek her iki koşulda da örnekler alınmıştır. PM örneklerindeki bakılacak metal çeşitleri özellikle literatüre ve üretimde kullanılan ham madde ve yardımcı girdi içeriklerine göre belirlenmiş olup her iki örnek içinde de Si, Fe, Cu, Mn, Zn, Mg, Pb, Sb, Sr, Sn, As, Cr, Cd, Se, Al konsantrasyonlarına bakılmıştır. Çıkan sonuçlar WHO, NIOSH ve OSHA limit değerleri ile karşılaştırılmıştır. PM içinde ölçülen Si, Fe ve Al, yüksek çıkan elementler olmuştur. PM10 limit değerlerin sınırında sonuçlar çıkmıştır ancak bütün ölçüm sonuçlarının limit değerlerin altında olduğu görülmüştür (Bağlarbunarı, 2010).

İstanbul’da otomotiv sektörü için parça üreten bir metal endüstrisinde yapılan çalışmada PM_{2.5} miktarları ölçmüştür. Üretim bölümünde 4 noktada ve 24 saat sürekli PM_{2.5} ölçümü yapılmıştır. İmalat makinelerinin yoğun olduğu ölçüm noktalarında makineler yalıtımsızken ortalama PM_{2.5} konsantrasyon değişimi 271,4µg/m³- 609,0µg/m³ aralığında iken makineler etrafına yalıtım olduğunda ise bu konsantrasyonlar 35,1µg/m³ ile 90,1µg/m³ aralığına düştüğü gözlenmiştir. Tüm PM_{2.5} ölçüm değerleri OSHA limit değerinin altında olmasına rağmen

EPA ve WHO dış ortam limit değerlerinin çok üstünde olduğu gözlenmiştir. Fabrika içerisinde makinelerde yapılan izolasyon sistemi PM_{2.5} konsantrasyonlarını azaltmak için önemli bir etki gösterdiği belirtilmiştir (Şahin, 2009).

Bir diğer çalışmada, bir boya üretim tesisinde iç ortam hava kirletici ve konsantrasyonları belirlenerek maruz kalınan kirleticilerin çalışanlar üzerindeki sağlık etkileri değerlendirilmiştir. İşletmede boya ve macun üretim bölümünde partikül madde konsantrasyonları 7,45 mg/m³ ve 3,11 mg/m³ ölçülmüş olup, Tozla Mücadele Yönetmeliği'nde belirtilen 15 mg/m³ sınır değerinin altında olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, işletmede çalışan her bölümden bir kişiye Kişisel Maruziyet PM ve UOB ölçümleri yapılmıştır. Boya üretim bölümünde çalışan kişiye yapılan ölçümde PM 7,31 mg/m³ iken, macun üretim bölümünde 0,29 mg/m³ olarak bulunmuştur. Macun bölümünde yapılan PM maruziyeti ölçüm sonuçları Tozla Mücadele Yönetmeliği'nde belirtilen 5 mg/m³ sınır değerinin altında iken, boya üretim bölümünde sınır değerinin üzerinde olduğu tespit edilmiştir (Gökçen, 2015).

3. MALZEME VE YÖNTEM

3.1. İŞLETME BİLGİLERİ

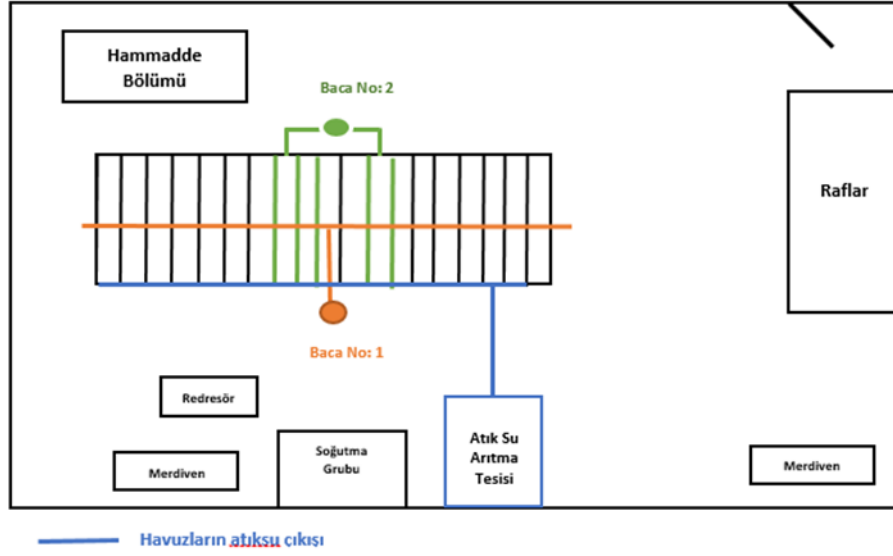
Metal Yüzey Kaplama Sanayi, İstanbul İli, Pendik İlçesi, Kurtköy Sanayi Sitesinde faaliyet gösteren 6343,51 m² yüzölçümlü alan üzerinde, 300 m² yüzölçümlü kapalı alanda yer almaktadır. Eloksal ve kromat kaplama konularında faaliyet göstermektedir.

3.1.1. Firma Profili

1988 yılında kurulan firma Metal Yüzey İşlem Tekniği faaliyeti ile sektöre başlamıştır. Sektörde 23 yıldır faaliyetini sürdüren firma yılda yaklaşık 5.000.000 parça kaplamaktadır.

Son 14 yıldır Pendik Kurtköy'deki yerinde faaliyet gösteren firma; Eloksal, elektrolitik renklendirme, krom 6 sarı kromatlama ve krom 3 yeşil kromatlama kaplamaları yapmaktadır. Yapılan elektrolitik renklendirmede ise piyasada kullanılan kalay sülfat yerine kobalt sülfat çözeltisi kullanılmakta ve elde edilen mükemmel siyah renk ısıya dayanıklı olarak nitelendirilmektedir.

Genel vaziyet planlarında üniteleri gösterilen Metal Yüzey İşleme Tekniği; Eloksal ve kromat kaplama konusunda faaliyet göstermektedir. Fabrika 2 kattan oluşmaktadır. Zemin katta kaplama ve atıksu arıtma tesisi, ikinci (asma katta) ise ofis, soyunma odası ve havalandırma sisteminin fanı bulunmaktadır Şekil 3.1 ve Şekil 3.2'de vaziyet planı yer almaktadır.



Şekil 3.1: Fabrika Genel Vaziyet Planı (Zemin Kat).



Şekil 3.2: Fabrika Genel Vaziyet Planı (1. Kat).

Aşağıdaki şekillerde her bir üniteye ait vaziyet planı, kromat 3, kromat 6 ve eloksal kaplama atıksu arıtımı ve depolama alanı ile ilgili genel iş akış şemaları görülmektedir.

Tablo 3.1: Tesisin makine ve ekipmanları.

Adet	Makine ve Ekipman
2	Atık su arıtma cihazı
1	Soğutma cihazı
2	Redresör (toplam 9000 A 15 V)
1	Kazan havalandırma sistemi
10	Banyo (toplam 30000 lt)
5	Kazan banyo (toplam 10000 lt)
1	Asit kazanı
1	İzolasyonlu sac kurutma dolabı
1	Soğutma grubu
1	Eksantrik pres
2	Gövde ve klips kalıbı
1	Kesme ve delme kalıbı

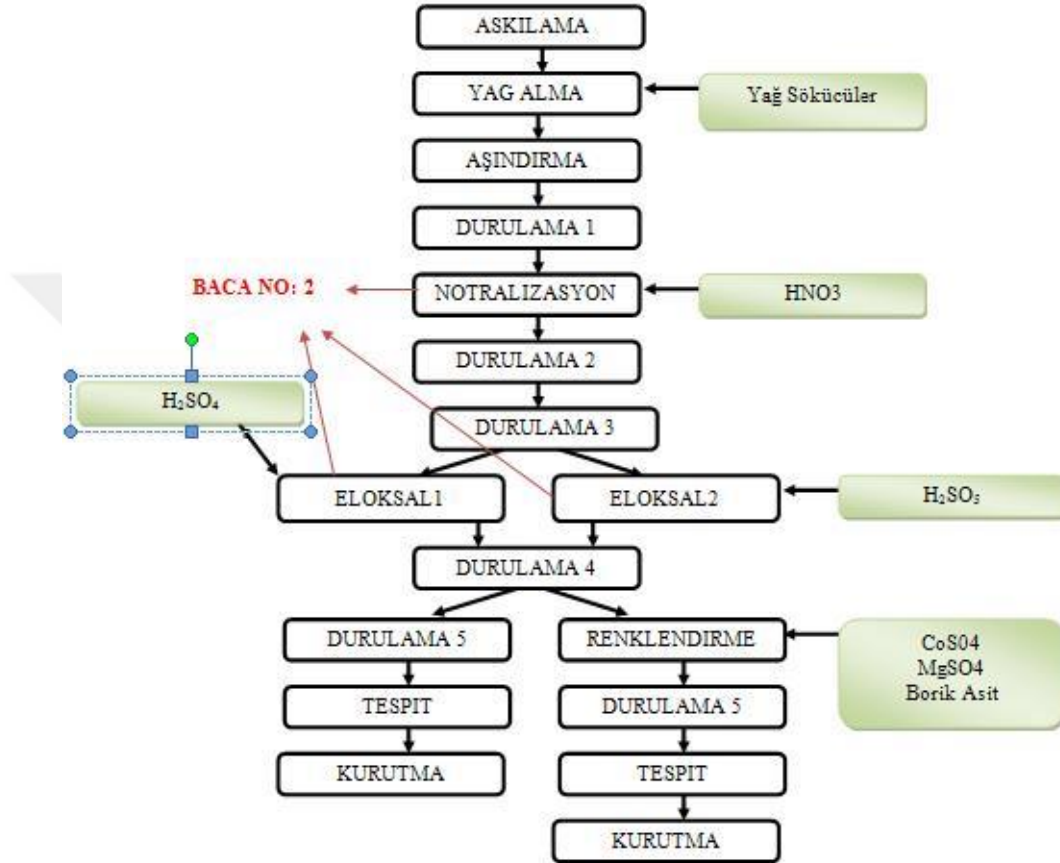
3.1.2. Firmaya Ait Metal Kaplama Çeşitleri

Eloksal kaplama ünitesi işletmede 300 m² alanda (32 m² kapalı) yer almaktadır. Bu üniteye eloksal kaplama işlemleri gerçekleştirilmektedir.

Eleksal kaplama iş akış basamakları (Şekil 3.3) aşağıdaki gibidir:

1. Firmalardan gelen ürünler kaplama işleminin yapılabilmesi için askılara asılır.
2. Aşındırma havuzuna alınan malzeme kostik ile muamele edilir.
3. Durulama havuzunda temizlenir.
4. Nötralizasyon tankında nitrikasit ile muamele edilir. Malzemelerin yüzeyi kaplamaya hazır hale getirilir.
5. Duruluma havuzunda temizlenir.
6. Durulama havuzunda temizlenir.
7. Siparişe göre eloksal havuzlarından bir tanesine gider. Burada elektrik akımı verilerek eloksal kaplama yapılır.
8. Siparişe göre malzemeye renk verilmesi gerekmekte ise renklendirme havuzunda renk verme işlemi kobalt sülfat kullanılarak yapılır. Magnezyum sülfat ve borik asit ise kobalt sülfatın yardımcı maddesi olarak kullanılmaktadır.
9. Renklendirme işleminden sonra yeniden durulama havuzuna gelir.

10. Tespit havuzunda sıcak suya batırılarak kaplama sabitlenir.
11. Kurutmaya alınan malzeme sıcak hava ile termostatlı fırında kurutulur.
12. Kurutulan malzeme askıdan indirildikten sonra müşterinin gönderdiği kutu, ambalaj, koli ile müşteriye geri gönderilir.



Şekil 3.3: Eloksal kaplama iş akım şeması.

Kromat kaplama ünitesi işlemleri aşağıdaki gibidir:

1. Müşteriden gelen ürünler askıya alınır.
2. Yağ alma bölümünde üzerinde yağ vs. bulunmakta ise onların giderilmesi sağlanır.
3. Durulama havuzunda temizlenir.
4. Nötralizasyonda nitrik asit ile muamele edilir. Malzemelerin yüzeyi kaplamaya hazır hale getirilir.
5. Durulama havuzunda temizlenir.



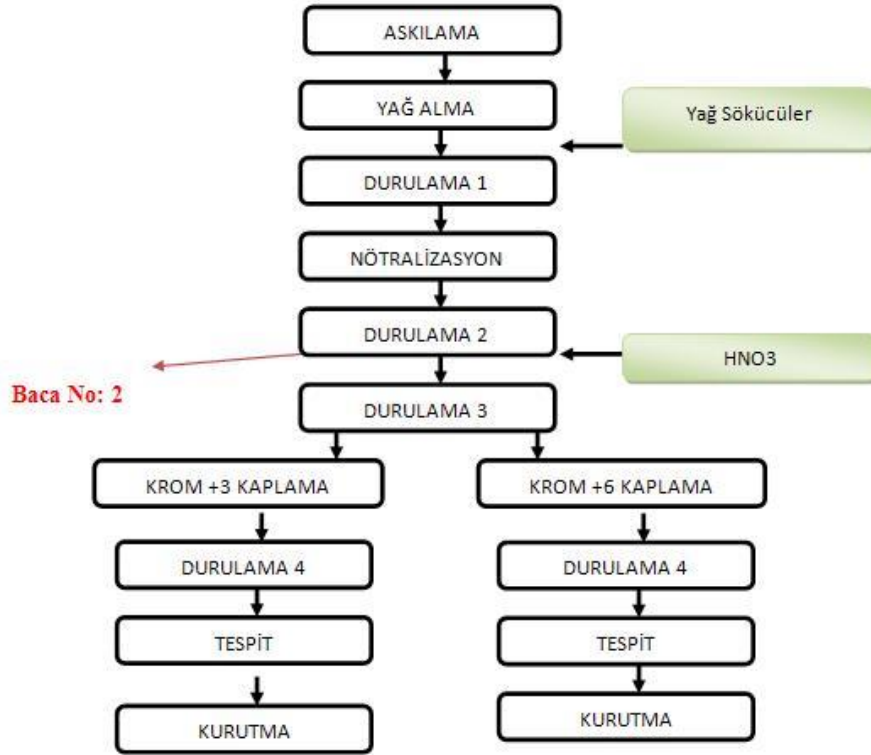
Şekil 3.4: Durulama işlemi.

6. Yapılacak kromatlamaya göre +3 veya +6 değerlikli kromat havuzuna alınır.



Şekil 3.5: Kromatlama işlemi.

7. Her iki kaplamadan gelecek kaplanmış malzeme durulama havuzuna alınır.
8. Tespit havuzunda sıcak suya batırılır böylece kaplama sabitlenir.
9. Kurutmada sıcak hava ile kurutulur. Ürünler geldikleri ambalajla geri gönderilir.



Şekil 3.6: Kromat kaplama iş akış şeması.

3.2. ÖRNEK ALMA VE ANALİZLERDE KULLANILAN CİHAZLAR

3.2.1. Partikül Madde Örneklerinde Kullanılan Cihaz

Çalışmada tesis içindeki PM örnekleme standartlara uygun koşullarda yapabilmek ve cihazın güvenliğini sağlayabilmek 1,5 m yükseklikteki bir platform üzerinde yapılmıştır. Cihaz sürekli elektrikle çalıştırılmış, güvenliği için uygun boyuttaki bir metaryalin içine konulmuştur.

Cihazın işyerinde ölçüm noktasındaki örnek resimler Şekil 3.7’de verilmiştir.



Şekil 3.7: Partikül örnekleme.

PM örnekleme için Sioutas Sıralı Örnekleme Sistemi kullanılmıştır. Sioutas Sıralı Örnekleme Sistemi iç ortam havasında askıda olan partiküllerin farklı boyuttaki konsantrasyonlarını belirlemek için kullanılmıştır.

PM örnekleme sistemi 9 litre/dakika (l/dk) hava çekebilen SKC Leland Legacy Pompa ile toplam 5 kademedan oluşan sıralı örnekleme sistemidir. Hava akışı giriş plakasından son filtrenin bulunduğu çıkış plakasına doğrudur. Toplayıcı plakaları hızlandırıcı plakalar ayırmaktadır. Hızlandırıcı plakadan geçen hava toplayıcı plaka üzerinde bulunan filtreye çarpıp, plakanın yanlarında bulunan boşluklar (orifizler) vasıtasıyla 2. kademeye gelir, bu işlem son kademeye kadar sürer ve en son tozdan arınmış hava ortamdaki ayrılır. Böylece her boyuttaki partiküller aerodinamik özelliklerine göre ayrı plakalarda tutulur. 5 kademedan her birinde toplanan PM boyut çeşitliliği göreceli kademelerde orifizden geçen hava plakalardaki delik çapları ve sayısına bağlıdır.

Sioutas Sıralı Örnekleme Sistemi de kullanılan filtreler, A,B,C,D toplayıcı plakalar için; Zeflour Supported PTFE, 0,5µm, 25mm; Çıkış plakası için, PTFE No Support Pad, 2,0µm, 37mm'dir.

3.2.1.1. SKC Leland Legacy Pompa

Leland Legacy ikili diyafram örnekleme pompası sabit 5–15 L/dak debi sağlamak için en düşük güç gereksinimiyle ve düşük sesli olarak özel olarak tasarlanmış bir pompadır.

Diyafraam ve vana tasarımları güç gereksinimlerini en aza indirir ve çıkardıkları sesi azaltır. Giren ve çıkan hava akımı titreşim amortisörlüdür. Hafif olan Leland Legacy dayanıklılık için termoplastik bir malzeme içine yerleştirilmiştir ve hasara karşı koruyan ve sesi azaltan yumuşak kauçuktan dökülmüştür. Tekrar şarj edilebilen 10 Li-Ion pillerden oluşan pil takımıyla gücü sağlanan Leland Legacy 12 inç su karşı basıncında 10 L/dak akış hızında 24 saatlik çalışma zamanı sağlar. Pompanın patentli dahili debi detektörü debiyi direkt olarak ölçer ve ayarlanan debinin sabit olmasını sağlayan ikincil bir standarttır. Sabit parça olarak detektörler sıcaklık ve atmosferik basınçta olan değişikliklere karşı debiyi otomatik olarak düzeltir. PC ve Data Trac Yazılımıyla birlikte kullanıldığı zaman gelişmiş programlama özellikleri vardır.

Debi özellikleri:

- Debi Aralığı: 5- 15 L/dk
- Debi Kontrol Sistemi: Patentli dahili debi detektörlü kapalı devre
- Dengeleme Aralığı: 5 inç su karşı basıncında 15 L/dk, 12 inç su karşı basıncında 10 L/dk, 20 inç su karşı basıncında 5 L/dk
- Hassasiyet: $\pm 3\%$ ayarlanmış debi, istenen debi için kalibre yapıldıktan sonra
- Debi Hatası: Debi %5'ten fazla düşerse pompa durur ve geçmişteki verileri tutar. 10 kere otomatik olarak yeniden başlar.



Şekil 3.8: SKC Leland Legacy Pompa.

Çalıştırma:

- Görüntü: LCD, pompa seri numarasını, pompa yazılım değişiklik düzeyini, debiyi, hacmini, sıcaklığı, atmosferik basıncı, günün tarihini, çalışma süresini ve pompa statüsünü görüntüler, Ayarlama (Setup) bilgileriyle birlikte bekleme ve çalışma bilgileri.
- Zaman Görüntüleme: Günün zamanı saat ve dakika olarak (12 veya 24 saat üzerinden) AM ve PM belirteciyle
- Zaman Görüntüleme Aralığı: 1- 99999 dakika (69 gün). Çalışma süresi 69 günü geçerse süre ölçer görüntüsü sıfırlanır.
- Zamanlama Hassasiyeti: 1 dk/ay@ 25 C Atmosferik Basıncı
- Atmosferik Basıncı Hassasiyeti: $\pm 0,3$ inç Hg

- Çalışma Sıcaklığı Aralığı: 32- 113 F (0 - 45 C)
- Tipik Çalışma Zamanı: Sioutas Sıkıştırıcı (13 inç su bp): 9 L/dk 24 saat PEM 37-mm ile, 2.0 µm PTFE filtre: 24 saat 10 L/dk
- Düşük Hacim PUF Tüp: 24 saat 5 L/dk
- Gürültü Seviyesi: 64,1 dBA – kasasız pompa 55,7 dBA – pompa ses azaltıcı bir kasa içine yerleştirilmiştir. 10 L/dk ve 12 inç su karşı basıncında çalışan bir pompanın 3 ft (1 m) uzağında ölçülmüştür.
- Kullanıcının Ayarlayabildiği Değerler: Örnekleme çalışma zamanı, kalibrasyon, saat görüntüsü, akış hızı, günün saati, gecikmeli başlangıç, sıcaklık ve atmosferik basınç görüntüsü
- Kaydedilen Değerler: Başlangıç gün ve saati, durma gün ve saati, toplam örnekleme süresi, akış süresi, numune hacmi, sıcaklık, atmosferik basınç ve pompa mod değişimleri
- Ayarlanabilir Kayıt Aralığı: Ayara bağlı olarak 3 saniyeden (15.4 dk veri) 8 saate (102 günden fazla veri) kadar pompa tarihini. DataTrac Yazılımı kullanıldığı zaman opsiyonlar bulunur.

Güç:

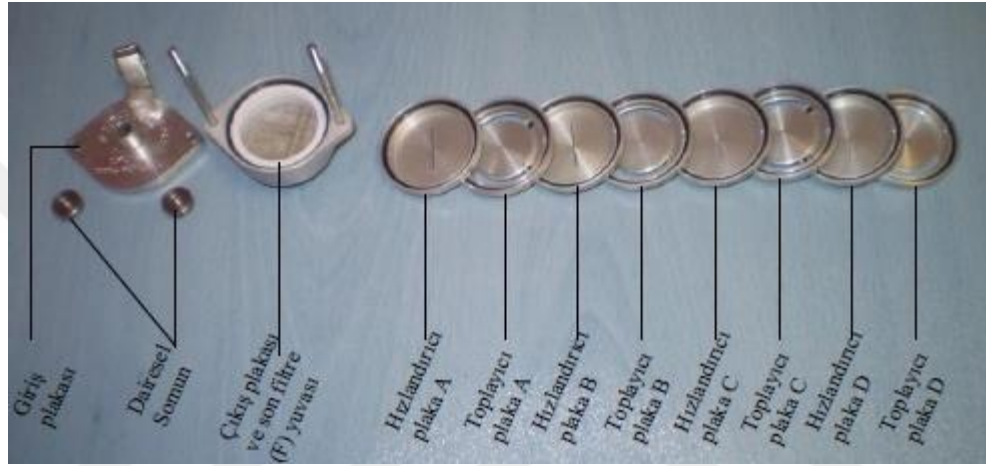
- Güç Kaynağı: Değiştirilebilir, tekrar şarj edilebilir Lityum-iyon (Li-Ion) pil paketi, 7.2 V x 10 Ah
- Şarj Cihazı/AC adaptörü: Girdi Voltajı 100- 240 V AC
- Pil Şarj Süresi: 15 saat
- Şarj Sıcaklık Aralığı: 32- 113 F (0- 45 C)
- Depolama Sıcaklık Aralığı: -4- 113 F (-20- 45 C) Fiziksel

Fiziksel Özellikleri:

- Boyutları: 8x3.9x2.6 inç (14.2x7.6x5.8cm)
- Ağırlık: 37 oz (1 kg)
- Gövde: Yumuşak kauçuktan dökülmüş termoplastik
- Yasal Onaylar CE işareti, UL ve cUL (devam ediyor), ATEX (devam ediyor)

3.2.1.2. Sioutas Sıralı Örnekleyici

Leland Legacy Pompa ile birlikte Sioutas sıralı örnekleyici kullanılmıştır. Sioutas sıralı örnekleyici hava kökenli partikülleri 5 ayrı düzeyde toplamaktadır. Sırasıyla $>2,5 \mu\text{m}$, $1,0 - 2,5 \mu\text{m}$, $0,50 - 1,0 \mu\text{m}$, $0,25 - 0,50 \mu\text{m}$, $<0,25 \mu\text{m}$ boyutunda ki partikülleri tutarlar. PTFE (Teflon) filtre ile kullanıldığında yüksek etkilidir ve yardımcı kaplama malzemesi gerektirmez.



Şekil 3.9: Sioutas sıralı örnekleyici.

Uygulama Alanları:

- Endüstriyel hijyen çalışmaları
- İç ortam hava kalitesi çalışmaları
- Hava kirliliği çalışmaları
- Solunum zehirlenmeleri ve epidemiyolojik çalışmalar
- Aerosol araştırmaları
- Farmakolojik çalışmalar

Sioutas Sıralı Örnekleyicinin katlarında;

- A: $2,5 \mu\text{m}$
- B: $1,0 \mu\text{m}$
- C: $0,50 \mu\text{m}$
- D: $0,25 \mu\text{m}$
- F: $<0,25 \mu\text{m}$

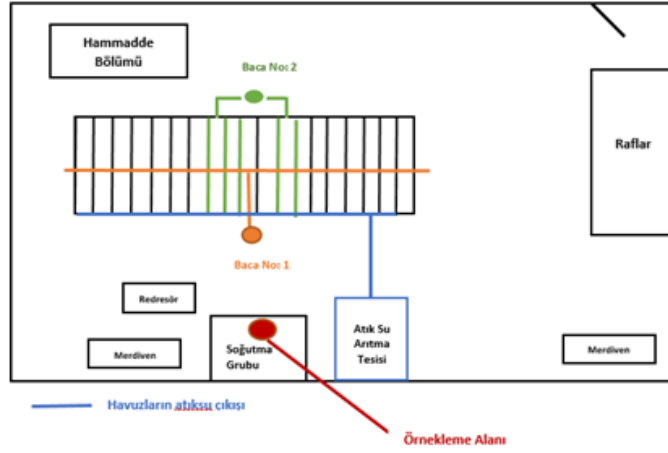
Boyutlarındaki partiküller tutulur.

- Önerilen Son aşama Filtre Tipi: 37-mm, 2,0- μ m PTFE filtre
- Partikül kesme noktaları önerilen Filtre Tipi: 25-mm, 0,5- μ m PTFE
- Rüzgar Hızı: <5 mph
- SKC Leland Legacy pompanın kalibrasyonu BIOS Defender 500 serisi kalibratör ile yapılmıştır.
- Örneklemelerde kullanılan filtrelerin şartlandırma sonrası ve ölçüm sonrası tartımları, METTLER TOLEDO (Şekil 3.10) marka model elektronik tartı ile yapılmıştır.



Şekil 3.10: Tartımlarda kullanılan hassas tartı.

İşyerinde toplam 10 gün örnekleme yapılmış olup tesis içinde örnekleme yapılan nokta Şekil 3.11'de verilmiştir. Her örneklemede pompanın debi ayarı 9 L/dk olarak ayarlanmıştır. Örnekleme sonunda toplam debiye bakılarak enerji kesintisi olup olmadığına bakılmış, örneklemenin istenilen periyoda yapıldığı tespit edilmiştir.



Şekil 3.11: Örneklemenin yapıldığı nokta.

Cihaz içerisindeki filtreler kapalı bir ortamda özel maşa ile steril petri kaplarına alınmış ve “Temiz Oda”ya getirilmiştir. Temiz oda sıcaklığı 21 ± 2 0C, %30-40 arası nem içermektedir. Filtreler bu şartlar altında 48 saat bekletilmiş ve şartlandırma işlemi bitince tartımı yapılmıştır. Şekil 3.12 ve 3.13 de filtre şartlandırmaları gösterilmiştir. Filtreler cihazdan alındıktan sonra cihazın temizliği yapılmış ve yeni filtreler yerleştirilerek sistem bir sonraki örnekleme için kurulu hale getirilmiştir.



Şekil 3.12: Filtre şartlandırma.

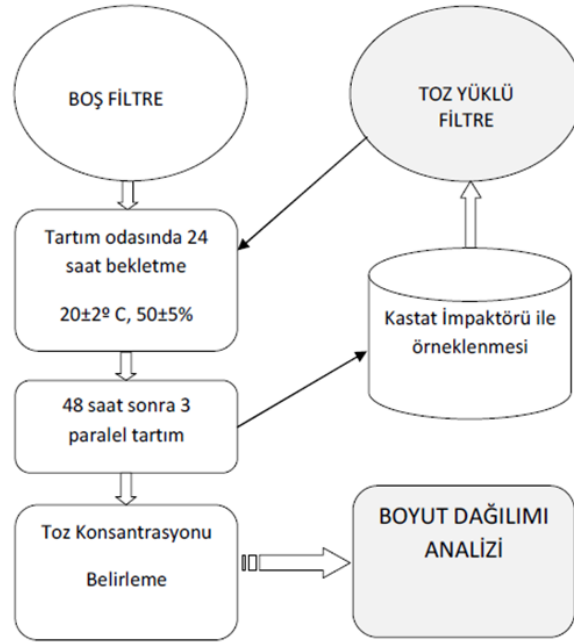


Şekil 3.13: Metler Toledo ile numunelerin tartımı.



Şekil 3.14: Ortam şartlarının ölçüldüğü termometre ve nem ölçer.

Bu çalışmada PM örneklerinin toplanacağı filtrelerin ön hazırlığından Boyut dağılım analizine kadar yapılan işlemlerin genel akım şeması Şekil 3.15'te gösterilmiştir.



Şekil 3.15: Şartlandırma akım şeması.

İşyerinde yüzey kaplama işlemi genel olarak iki çeşit yapılmaktadır. Bunlar eloksal kaplama ve kromat kaplamadır. Eloksal kaplamada renklendirme amacıyla CoSO_4 , MgSO_4 ve borik asit kullanılırken kromat kaplamada sarı renk $\text{Cr}+3$ ve yeşil renk $\text{Cr}+6$ kullanılmaktadır. Metal renklendirme çeşitleri; siyah, beyaz, kahverengi (bronz) ve yeşil (askeri)'dir. Kaplanılan malzemeler ise ihtiyaca göre çeşitlilik göstermekle birlikte alınan işlerde genelde, otobüs bagaj parçası, roket ucu, fırın başlığı, küresel vana gövdesi, barut üstü vb. kaplanmıştır. İlk 5 örnekleme 19.03.2014/08.04.2014 tarihleri arasında alınmış olup 1. ve 2. Örnekleme günleri, işyerinde eloksal ve krom+3 kaplama yapılmış olup kaplanılan malzemeler otobüs bagaj kapağı ve aktülatör (küresel vana gövdesi)'dür. 3. ve 4. örnekleme günlerinde $\text{Cr}+3$ ve $\text{Cr}+6$ ile askeri yeşil vana gövdeleri kaplanmıştır. 5. örneklemede ise siyah renk fırın başlığı ve hem siyah hem beyaz küresel vana gövdeleri kaplanmıştır. Diğer 5 örnekleme ise 06.05.2014/14.05.2014 tarihleri arasında alınmıştır ve bu örnekleme günlerinde araç parçaları ile siyah ve beyaz aktülatörler kaplanmıştır (Şekil 3.16).



Şekil 3.16: Örneklemlerde kaplanan materyaller.

3.3. MİKRODALGA İLE AYRIŞTIRMA İŞLEMİ

Grafit Fırınlı AAS analizlerinde örneklerin homojen şekilde katı fazın çözündürülerek hazırlanması amacı ile MARS5 Mikrodalga cihazı kullanılmıştır.

Partikül maddelerin METLER TOLEDO ile tartımı gerçekleştirildikten sonra Marmara Temiz Hava Merkezi Müdürlüğü'ne gidilerek filtrelerin MARS5 Mikrodalga ile Hızlandırılmış Reaksiyon Sistemi cihazında asit ile her numuneye ayrı ayrı çözündürülmesi işlemi gerçekleştirilmiştir.

Mikrodalga asitle çözündürme ünitesi kapasitesi toplam 12 adet teflon (PTFE) çözündürme kabı olacak şekilde olup sıcaklık ve basınç altında tutulabilmesi için 1 adet (PTFE) referans kabı bulundurmaktadır.

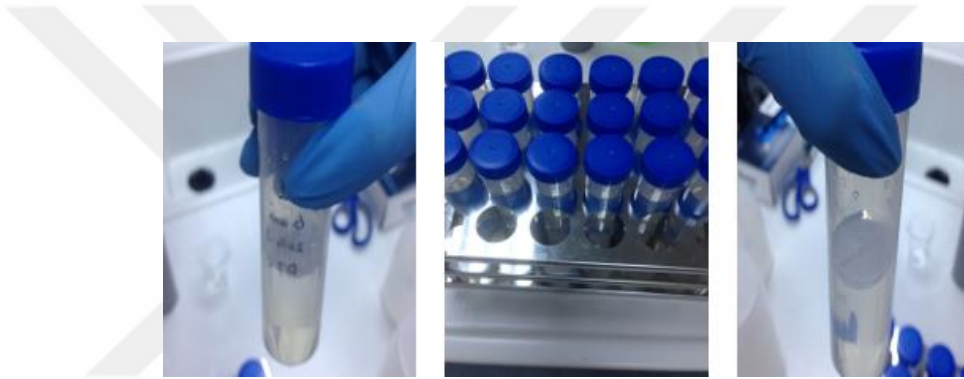
Çözündürme işleminden önce kullanılacak mikrodalga tüpleri %65'lik 5 ml Nitrik asit ve 5 ml diyonize su ile cihaz çalıştırılarak 10'ar dk 180°C steril edilmiştir.

Çözündürme aşamasında her bir örnek için 5 ml %65'lik Nitrik asit (HNO₃), 1 ml % 30'luk Hidroklorik asit (HCl) ve 0,5 ml Hidrojen florür (HF) asit çözeltisi hazırlanarak tüplerin içerisine örnekler eklenmiştir. Ayrıca bir adet asit çözeltisi bulunan şahit tüp ilave edilmiştir. MARS5 cihazı her defasında 5 örnek ve 1 şahit tüp olarak çalıştırılmıştır.

MARS5 cihazı ana menüsünden gerekli aşama seçenekleri kaydedilerek (Tablo 3.2) cihaz çalıştırılmıştır. 1. aşamada 400 watt 15 dk 200°C çıkmakta ve 2. aşamada 20 dk 200°C de bekledikten sonra 3. aşamada normal şartlarda soğumaya bırakılmıştır.

Tablo 3.2: MARS5 seçilen çözündürme aşamaları.

Aşama	Isıl Güç (watt)	Süre (dk)	Sıcaklık (°C)	Bekleme (dk)
1. Aşama	400	15	25 → 200	-
2. Aşama	400	-	200	20
Havalandırma	400	-	200 → 26	-



Şekil 3.17: Asit ile çözündürme aşaması öncesi ve sonrası.



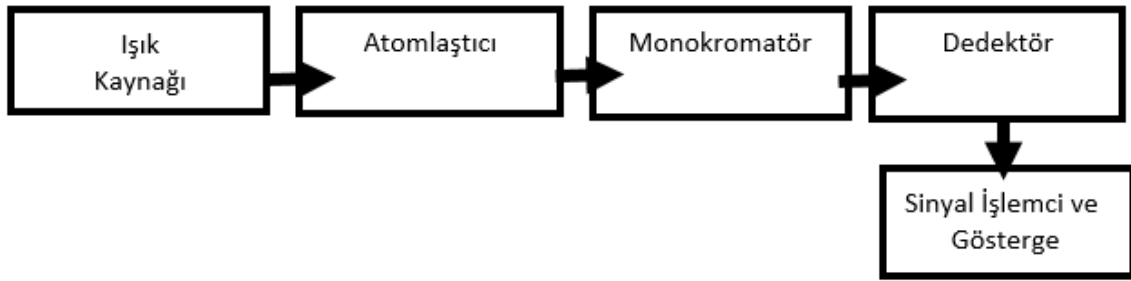
Şekil 3.18: MARS5 cihazı, kontrol tüpü, basınç ve sıcaklık sensörü.

Bu işlemlerden sonra çözündürme kaplarının oda sıcaklığına kadar soğuması beklenerek kaplar açılmıştır. Kapların içindeki asidik sıvı deney tüplerine aktarılarak, deiyonize su ile 25 ml'ye tamamlanmıştır.

Aynı işlemler filtre kağıdından gelen metal konsantrasyonunu belirlemek amacıyla, boş filtreler için de yapılmıştır.

3.4. METALLERİN ANALİZİ

Grafit Fırınlı Atomik Absorbsiyon Spektrofotometresi (GF-AAS) tayini yapılacak elementlerin konsantrasyonları cihazın konsantre değerleri bilinen bir standart ile kalibre edilerek ölçüm eğrilerinin çıkarılması ile ölçülmesi işlemine dayanır. Her bir element için ayrı katot lambaları vardır ve bu lambalar spektrofotometreye yerleştirilmesi gerekir. GF-AAS'ye ait ışık akım şeması aşağıdaki gibidir (Şekil 3.19).



Şekil 3.19: GF-AAS akış şeması.

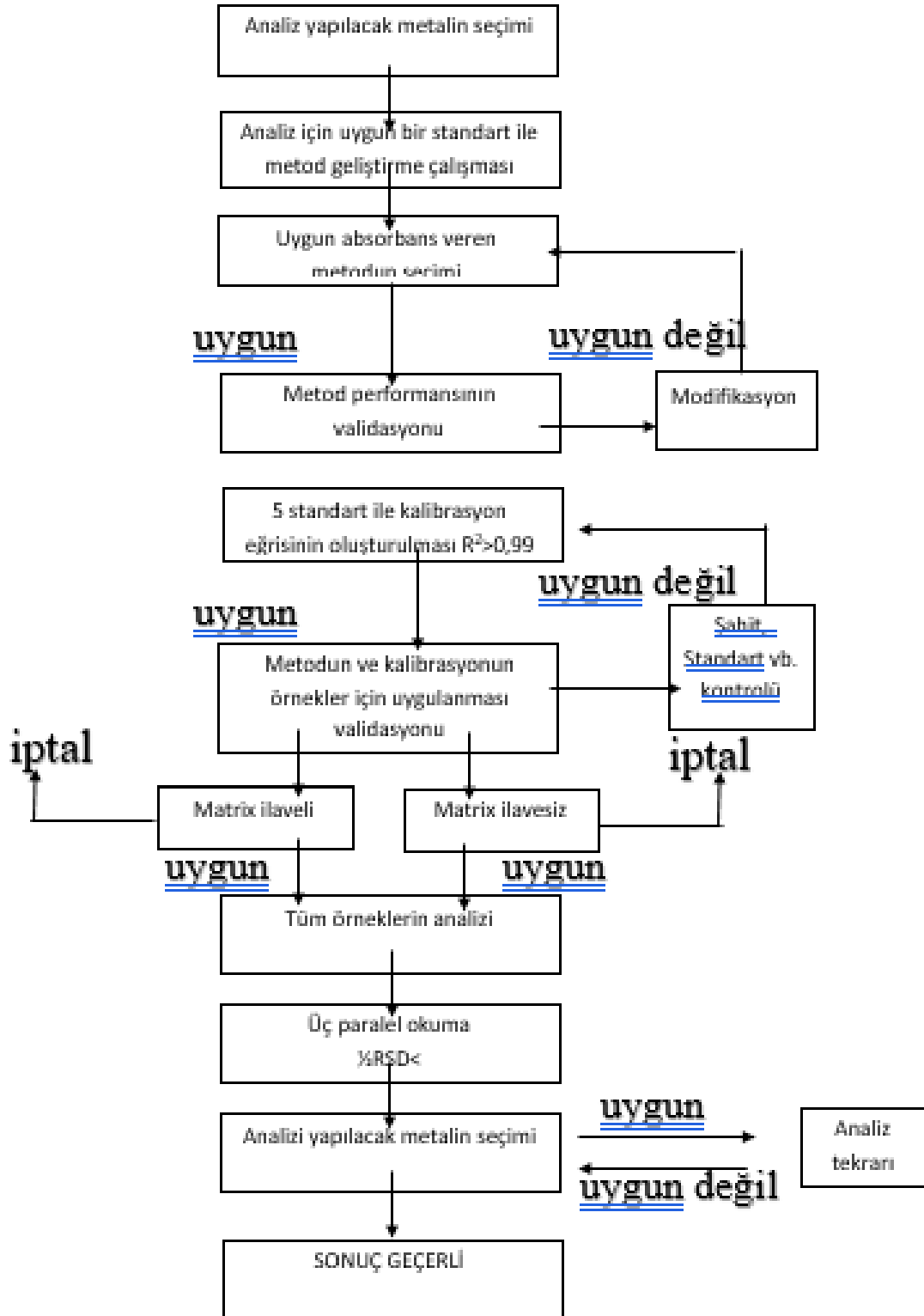
Ağır metallerin analizi için Grafit Fırınlı Atomik Absorbsiyon AAS 600 (Perkin Elmer marka) cihazı kullanıldı. Sıvı örnekler otomatik pipetlerle örnek verme oyuğundan verilerek soğuk tüpün içine veya tüpün içindeki platforma verilir. Tüpler bir güç kaynağı ile ısıtılır. Grafit fırının sıcaklığı farklı amaçlar için birden fazla aşamadan oluşur:

- Kurutma Aşaması: Sulu çözeltiler için yaklaşık 110°C 'ye kadar ısıtılır bu ısıtma değeri çözücünün kaynama noktasından düşüktür. Bu aşama ile çözücü uzaklaştırılır.
- Piroliz (Ön atomlaşma) Aşaması: Bu aşamada örnek içindeki uçucu ve inorganik bileşiklerin uzaklaştırılmasını kapsar. Sıcaklık 350-1200°C arasındadır.
- Atomlaşma Aşaması: Tayin elementinin olduğu noktaya kadar sıcaklık yükseltilir bu sıcaklık 2000-5000°C arasındadır. Atomlaşma süresince tayin elementinin absorpsiyonu ölçülür.
- Temizleme ve Soğutma Aşaması ile sistem son bulur (İnce, 2005, Tokman 2007).

Bu çalışmada Cu, Ni, Mn, Pb ve Cr elementleri için bu metot kullanılarak tayin edilmiştir. Örnekleri okumadan önce standart çözelti, SRM 1648 (Urban Dust) çözeltisi, boş filtre

çözültüsü ile tekrarlanabilir çalışmaları yapılmış olup tekrarlanabilirlik değeri %2 'nin altında olan ölçümler doğru kabul edilmiştir. Kontamineyi önlemek amacıyla her metal için ayrı grafit tüp kullanılmıştır. Kalibrasyon eğrisi her metal için 5 standart çözültü ile hazırlanarak $R^2 > 0,99$ koşulu sağlanmıştır. Her seri metala analizi sırasında çözültü ve SRM 1648 okuması ile kontrol edilmiştir. Tüm okumalar üçer kez gerçekleştirilmiştir. şahit numune olarak boş filtreler kullanılmıştır. GF-AAS'de analizi için metot seçimi ve analiz aşamaları şekil 3.20'de verilmiştir.





Şekil 3.20: Her bir metalin GF – AAS’de analizi için uygulanacak metodun seçimi ve analizi aşamaları.

3.5. SAĞLIK RİSKLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Çalışma kapsamında, hava yoluyla alınan kirleticilerden kaynaklanabilecek olası sağlık riskleri belirlenmiştir. Sağlık riski değerlendirmesi, GF-AAS'de gerçekleştirilen analizler sonucu belirlenen elementlerin PM2.5 ortalama konsantrasyonları esas alınarak gerçekleştirilmiştir. İç ortam ve dış ortam faaliyetlerinden kaynaklanan partiküllere maruz kalma sonucu oluşacak olumsuz sağlık etkileri hakkında tahminlere ulaşmak için risk değerlendirmesi önemlidir (Corzine ve Mauriello, 2009; Betha and Balasubramanian, 2011).

3.6. HESAPLAMALAR

3.6.1. Partikül Maddelerin Kütle Konsantrasyon Hesapları

Partikül maddelerin kütleli ölçümleri için örnekleme öncesinde ve sonrasında hassas tartımları yapılarak gerçekleştirilmektedir.

Bu çalışmada Standart sıcaklık ve standart bağıl nem şartlarında örnekleme öncesi ve örnekleme sonrasında METTLER TOLEDO marka model elektronik tartı ile filtreler tartılmıştır. 5 farklı boyuttaki partikül maddelerin kütle konsantrasyonları aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$PM (\mu\text{g}/\text{m}^3) = \frac{B-A}{V} \quad (3.1)$$

Bu denklemde;

A = Örnekleme öncesi tartım, mg

B = Örnekleme sonrası tartım, mg

V= Örnekleme hacmi, L

3.6.2. Elementel Konsantrasyonların Hesaplanması

Grafit Fırınli Atomik Absorbsiyon Spektrofotometresi (GF-AAS) ile elementlerin konsantrasyonları X($\mu\text{g}/\text{L}$) cinsinden bulunmuş olup aşağıdaki gibi birim düzeltmesi gerçekleştirilmiştir.

Bulunan X ($\mu\text{g}/\text{L}$) değeri, $\mu\text{g}/\text{mL}$ 'ye dönüştürülmüş ve seyreltme oranı olan 25 mL ile çarpılmıştır.

$$Y \mu\text{g} = 25 \times \frac{X \mu\text{g}}{1000 \text{ ml}} \quad (3.2)$$

Pompa ile çekilen hava debisine bağlı olarak örnekleme hacmi (Z) aşağıdaki gibi hesaplanmıştır:

$$Z = \text{Pompa ile çekilen hava debisi} \left(\frac{\text{L}}{\text{dk}} \right) \times \text{Örnekleme süresi (dk)} \quad (3.3)$$

Bu şekilde bulunan değer, 1000'e bölünerek, örnekleme hacmi m³ cinsinden bulunmuştur.

Son olarak;

$$\text{Element derişimi} = \frac{1000 \text{ ng}}{\mu\text{g}} \times \frac{Y \mu\text{g}}{Z \text{ m}^3} \quad (3.4)$$

3.6.3. Sağlık Risklerinin Hesaplanması

Bu çalışmada kanser riski ve tehlike indeksi hesapları için iç ortamlarda seçilen elementler (Ni, Mn, Pb ve Cr(IV)), kronik soluma referans konsantrasyonu (RfC – mg/m³) kullanılmış, maruz kalan kişilerin kronik günlük alımı (CDI) değerleri, iç ortamda çalışan personel için geliştirilmiş aşağıda yer alan formül ile hesaplanmıştır [URL7].

$$\text{CDI}_{\text{iw}} - \text{air}(\text{mg}/\text{m}^3) = \frac{C_{\text{air}} \left(\frac{\mu\text{g}}{\text{m}^3} \right) \times EF_{\text{iw}} \left(\frac{300 \text{ gün}}{\text{yıl}} \right) \times ED_{\text{iw}} (20 \text{ yıl}) \times ET_{\text{iw}} \left(\frac{8 \text{ saat}}{\text{gün}} \right) \times \left(\frac{1 \text{ gün}}{24 \text{ saat}} \right)}{AT_{\text{iw}} \left(\frac{365 \text{ gün}}{\text{yıl}} \right) \times ED_{\text{iw}} (25 \text{ yıl}) \times \frac{1000 \mu\text{g}}{1 \text{ mg}}} \quad (3.5)$$

Bu denklemde,

C_{air} : Kirletici konsantrasyonu ($\mu\text{g}/\text{m}^3$),

EF_{iw} : Maruziyet frekansı (gün/yıl),

ED_{iw} : Maruziyet süresi (yıl),

AT_{iw} : Ortalama maruziyet zamanı (gün)

Toksisite ve maruziyet değerlendirmelerinden sonra seçilen 3 element için tehlike indeksi (HQ) hesaplanarak risk karakterizasyonu gerçekleştirilmiştir. HQ aşağıdaki formül yardımı ile hesaplanmıştır (U.S. EPA, 1997)

$$\text{HQ} = \frac{\text{CDI}}{\text{RfC}} \quad (3.6)$$

$$\text{Toplam tehlike indeksi} = \sum \text{Kirleticilerin tehlike indeksleri} \quad (3.7)$$

Kanserojenik bileşikler için risk karakterizasyonu ise ELCR (Kanser Riski) ile ifade edilmektedir. PM_{2.5} partiküllerdeki Ni ve PB elementleri ile ilişkili olan kanser riski aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır (U.S. EPA, 1989).

$$\text{Kanser riski (ELCR)} = IUR \times C_{\text{air}} \quad (3.8)$$

IUR: Solumaya bağlı birim risk ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)⁻¹,

C_{air}: Kirlenici konsantrasyonu ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

4. BULGULAR

4.1. PARTİKÜL MADDENİN KÜTLESEL KONSANTRASYONLARI

Tesis içinde alınan örneklemeler sonucu beş farklı boyut aralığında örneklenen partikül maddenin kütleli konsantrasyonları Tablo 4.1’de verilmiştir. Tesiste 15 örnekleme yapılmış, teknik sorunlardan dolayı (basınç kaybı ve enerji kesintisi) 10 örnekleme sonuçları kütleli konsantrasyon hesabında kullanılmıştır. Tesiste örnekleme 19 Mart 2014 – 14 Mayıs 2014 tarihleri arasında yapılmıştır.

Tablo 4.1: Tesis içi farklı boyut aralığındaki partikül madde konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Örnek no	PM _{>2.5}	PM _{1.0-2.5}	PM _{0.5-1.0}	PM _{0.25-0.5}	PM _{<0.25}	PM _{2.5} (ince)	PM _{>2.5} (kaba)	Toplam PM	% PM _{2.5}	% PM _{>2.5}
1	128,9	37,5	16,1	35,1	79,2	167,9	128,9	296,8	56,5	43,5
2	119,9	32,4	15,4	30,0	46,1	123,9	119,9	243,8	50,8	49,2
3	137,1	50,5	29,9	43,9	61,3	185,6	137,1	322,7	57,5	42,5
4	208,7	63,8	24,6	61,8	70,9	221,1	208,7	429,8	51,4	48,6
5	125,2	223,7	16,5	185,0	112,5	537,7	125,2	662,9	81,1	18,9
6	109,7	31,4	44,6	67,1	121,7	264,8	109,7	374,5	70,7	29,3
7	172,4	75,9	48,3	90,7	150,6	365,5	172,4	537,9	67,9	32,1
8	28,1	6,2	10,8	15,7	89,8	122,5	28,1	150,6	81,3	18,7
9	74,0	23,7	23,7	28,9	52,6	128,9	74,0	202,9	63,5	36,5
10	72,9	29,4	36,2	42,5	105,3	213,4	72,9	286,3	74,5	25,4

PM_{2.5} değerleri ise 537,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ve 150,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ arasında değişmektedir. Toplam PM konsantrasyonunun 150,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ve 662,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ arasında değiştii belirlenmiş olup en yüksek konsantrasyon 5 nolu örnekte gözlenmiştir. (Tablo 4.1). Tesiste metal kaplama işlemi sırasında kullanılan kimyasallar kaplanacak parçaların çeşidine ve rengine göre farklılık göstermektedir. Tesiste 1, 2, 3 ve 4 nolu örnekleme sırasında otobüs bagaj kapağı ve aktülatör (küresel vana kapağı), 5 nolu örnekleme sırasında siyah renk fırın başlığı, 6, 7, 8, 9 ve 10 nolu örnekleme sırasında ise araç ve uçak parçalarının kaplaması yapılmıştır. 5 nolu örneklemedeki yüksek PM_{2.5} konsantrasyonunun kaplanan malzemenin, kullanılan kimyasallar ve uygulanan prosesin farklılığından kaynaklandığı düşünölmektedir. Farklı boyut aralıkları karşılaştırıldığında en yüksek ortalamanın PM_{>2.5} (11,76 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)’dan sonra PM_{<0.25} (8,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) olması dikkat çekmektedir. Tüm örnekleme toplam askıda partiküllerin

%50,8 ile %81,3'ünden fazlasını 2.5 μm 'den küçük boyutlu partiküller ($\text{PM}_{2.5}$) oluşturmaktadır.

Park ve diğerleri (2009) tarafından yapılmış çalışmada metal sektörü kaynaklı partikül konsantrasyonları 140-3160 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ aralığında değiştiği tespit edilmiştir. Woskiea ve diğerleri (1994) tarafından yapılan bir çalışmada da 2 kademeli (partikül kesme noktası-cut point- 9,8 μm ve 3,5 μm) kaskatlı impaktör ile bir metal işleme tesisinde metal işleme sıvılarıyla çalışılan bölümünde örnekleme yapılmış ve ortalama toplam aerosol maruziyeti $706\pm 21 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bulunmuştur. Aynı tesiste metal işleme sıvılarının kullanılmadığı bölümlerde yapılan örnekleme ise ortalama toplam aerosol maruziyeti $187\pm 10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak tespit edilmiştir. Lilienberg ve diğerleri (2008) tarafından metal kaplama sıvılarının kullanıldığı bir tesiste yapılan çalışmada solunabilir aerosol fraksiyonunun 190-250 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ arasında değiştiği belirtilmiştir. Bu çalışmada tespit ettiğimiz konsantrasyonların literatürdeki sonuçlarla uyumlu olduğu görülmektedir.

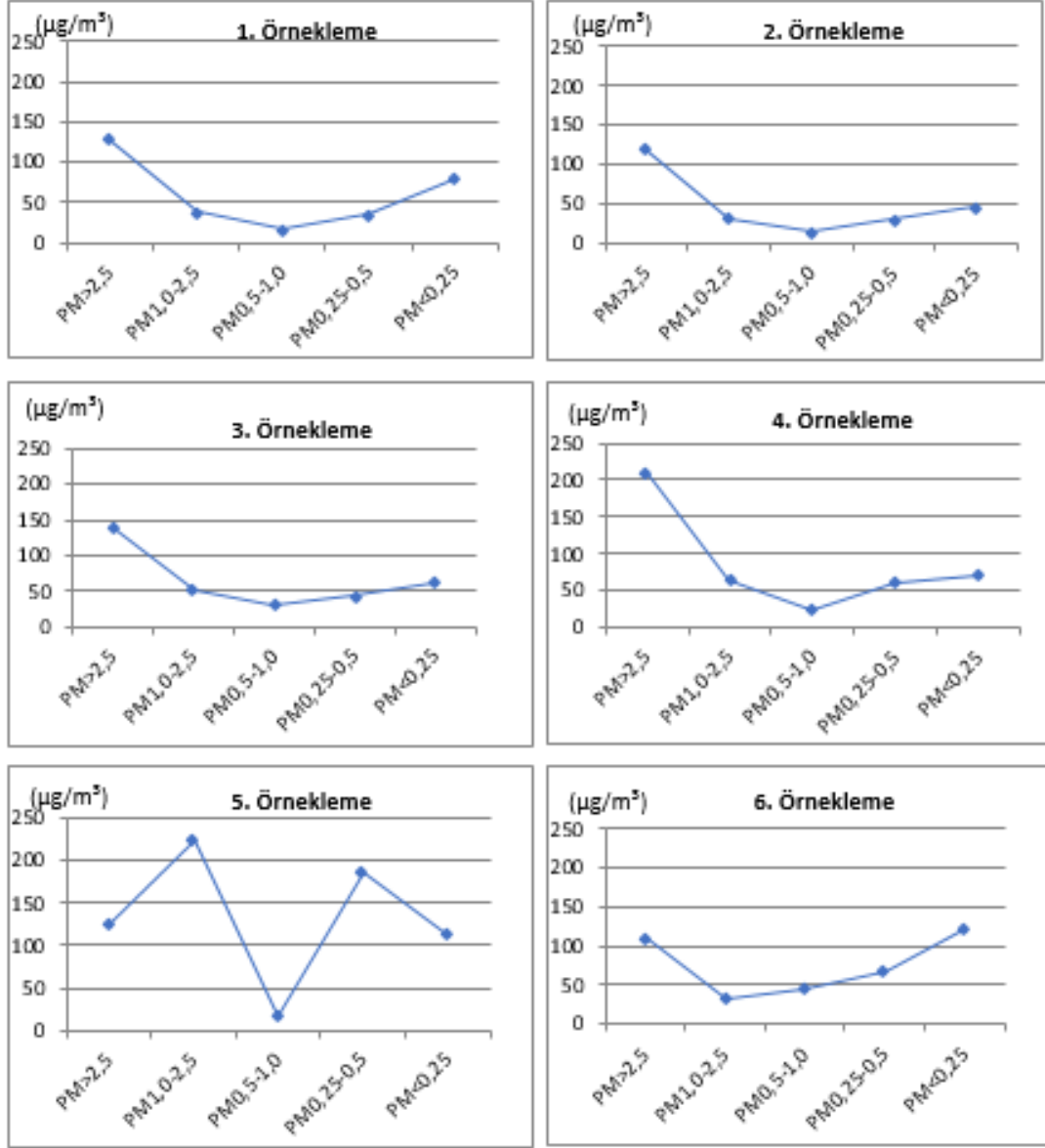
Beş farklı boyut aralığındaki partikül maddenin istatistiksel değerleri Tablo 4.2'de verilmiştir. $\text{PM}>2.5$, 2.5-1.0, 1.0-0.5, 0.5-0.25 ve $<0.25 \mu\text{m}$ boyutlarındaki partikül maddelerin ortalama konsantrasyonları ve standart sapma değerleri sırasıyla, $117,6\pm 51,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $57,4\pm 61,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $26,6\pm 12,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $60,0\pm 49,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $89,0\pm 33,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bulunmuştur.

Tablo 4.2: Farklı boyut fraksiyonlarındaki partikül konsantrasyonlarının istatistiksel değerleri.

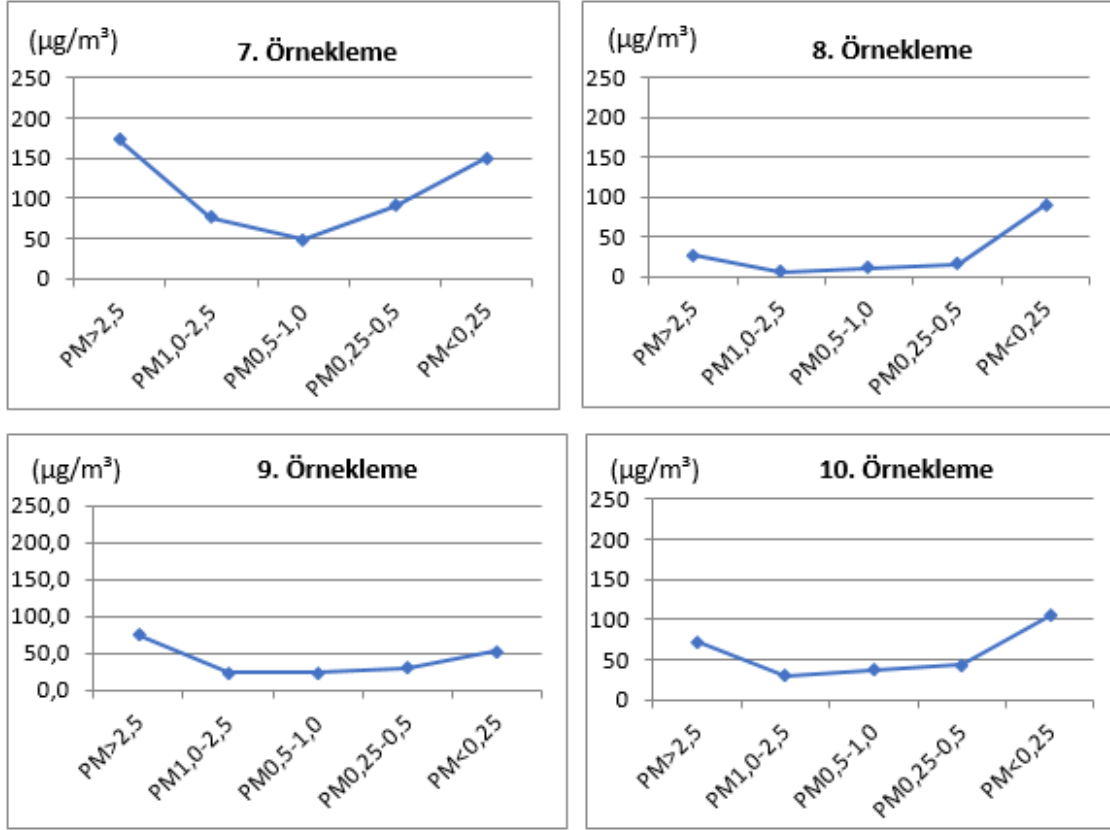
Partikül boyut aralığı, μm	Örnek sayısı	Minimum konsantrasyon, $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Maksimum konsantrasyon, $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Ortalama \pm standart sapma, $\mu\text{g}/\text{m}^3$
>2.5	10	28,1	208,7	$117,6\pm 51,4$
2.5-1.0	10	6,2	223,7	$57,4\pm 61,7$
1.0-0.5	10	10,8	48,3	$26,6\pm 12,9$
0.5-0.25	10	15,7	185,0	$60,0\pm 49,0$
<0.25	10	46,1	150,6	$89,0\pm 33,3$
$\text{PM}_{2.5}$	10	122,5	537,7	$233,1\pm 130,5$

Tablo 4.2'de görüldüğü gibi 0.25 μm 'den küçük ve 0.25-0.50 μm fraksiyonundaki ince partiküllerde yüksek konsantrasyon değerleri belirlenmiştir. 0.50 μm 'den küçük partiküller ortalama $\text{PM}_{2.5}$ konsantrasyonunun yaklaşık %64'ünü, ortalama toplam PM

konsantrasyonunun ise %42'sini oluşturmaktadır. Dolayısıyla metal işleme sıvılarından kaynaklanan aerosollerin çalışanlar için sağlık riskinin önemli boyutlarda olabileceği göz önünde bulundurulmalıdır.



Şekil 4.1: Örneklemelerin PM konsantrasyon dağılımı.

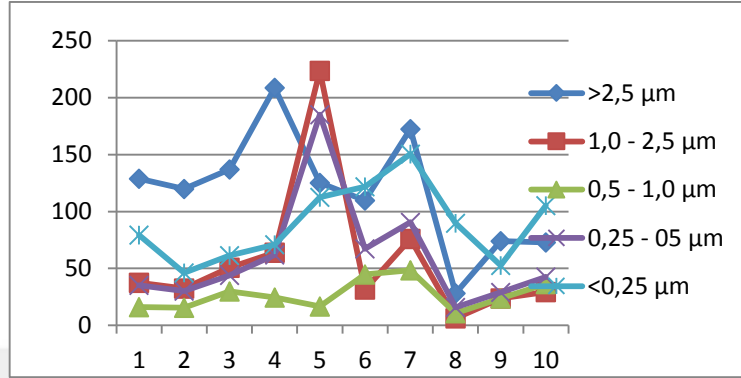


Şekil 4.2 (devam): Örneklemelerin PM konsantrasyon dağılımı.

Şekil 4.2’de farklı boyut aralıklarındaki PM konsantrasyonları verilmiş olup örneklemeler önce azalan sonra artan birer eğri şeklinde görülmekteyken 5 nolu örnekte sırası ile artan, azalan, artan ve azalan şeklinde PM 1.0-2.5 ve 0.25 – 0,5 boyut aralıklarında pik yapmıştır. 5 nolu örnek alımı sırasında kaplama yapılma aşamasında siyah renk ile fırın başlığı kaplanmış olup kobalt sülfat yanında katkı maddesi olarak birden fazla hammadde kullanılmasının buna sebep olabileceği düşünülmektedir. PM>2.5 değerinin en düşük olduğu örnek nolu örnek (28,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) iken en yüksek 4 nolu örnekte (208,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) gözlenmiş olup yaklaşık 10 kat daha düşük tespit edilmiştir.

En yüksek konsantrasyon değerleri 5., 4. ve 3. örneklemelerde gözlenmiştir (Şekil 4.2). 5. örnekte siyah renk kaplama yapılırken 3. ve 4. örneklemelerde gümüş renk kaplama gerçekleştirilmiştir. Bu durum PM konsantrasyonlarının kullanılan hammadde cinsine de

bağlı olabileceğini göstermiştir. Şekil 4.2’de görüldüğü üzere en düşük PM konsantrasyonları 0,5 – 1,0 μm boyut aralığında iken $<0,25 \mu\text{m}$ ’den küçük konsantrasyon ortalaması 0,5 – 1,0 μm aralığındaki konsantrasyonların yaklaşık 2,5 katıdır.



Şekil 4.3: Tesis içinde örneklerin farklı partikül boyut dağılımları.

NIOSH (1998) metal işleme sıvılarının tüm tipleri için toplam partikül maruziyeti limit değerini (OEL, occupational exposure limit) $0,5 \text{ mg/m}^3$, torakik fraksiyon için limit değeri ise $0,4 \text{ mg/m}^3$ olarak belirlemiştir. Bu çalışmada yapılan örneklemlerden 4 tanesinin toplam partikül konsantrasyonu $0,4 \text{ mg/m}^3$ ’lük limit değerinin üstündedir. Ülkemizde yürürlükte olan İş Sağlığı ve İş Güvenliği Genel Müdürlüğü, Tozla Mücadele Yönetmeliği’ne (2013) göre çalışanlar için solunabilir partikül sınır değeri 5 mg/m^3 ’tür. Bu çalışmada tespit edilen konsantrasyonların tümü 5 mg/m^3 ’lük sınır değerinin altındadır.

4.2. FARKLI PARTİKÜL BOYUTLARINDA ELEMENTLERİN KONSANTRASYON DEĞİŞİMİ

Metal Analizleri için Asitle Çözündürme işlemi sırasındaki teknik sorunlardan dolayı 7 örnek dikkate alınmıştır. Filtreler örnekleme sonrasında gravimetrik tartımları yapılarak MARS5 Mikrodalga ile Hızlandırılmış Reaksiyon Sistemi cihazında asit ile çözündürülmüştür. Daha sonrasında GF-AAS ile analizleri gerçekleştirilerek farklı partikül boyutlarında metal konsantrasyonlarına bakılmıştır. Bu metaller Cu, Ni, Mn, Pb ve Cr olup partikül boyut boyutlarına göre metal konsantrasyonları Tablo 4.3’te verilmiştir.

Tablo 4.3: Partikül boyut dağılımına göre metal konsantrasyonları (ng/m³).

Örnek No	PM(ng/m ³)	Cu	Ni	Mn	Pb	Cr
Örnek No 2	PM<0,25	43,6	46,5	37,5	98,7	95,8
	0,25-0,5	18,3	17,9	19,0	62,3	43,1
	0,5-1,0	14,5	70,8	12,3	44,3	33,5
	1,0-2,5	29,6	38,2	18,5	59,0	65,4
	PM>2,5	35,6	46,0	39,6	78,2	65,4
Örnek No 3	PM<0,25	23,4	62,9	34,8	157,9	60,3
	0,25-0,5	18,6	23,3	45,4	95,8	31,2
	0,5-1,0	17,9	18,9	15,3	71,1	24,3
	1,0-2,5	28,8	14,0	20,2	83,6	35,7
	PM>2,5	157,2	56,6	72,7	170,7	75,5
Örnek No 6	PM<0,25	39,4	72,1	24,6	176,6	61,9
	0,25-0,5	18,6	77,4	8,8	66,3	17,7
	0,5-1,0	19,1	73,7	11,9	69,4	27,4
	1,0-2,5	12,8	31,8	7,6	54,4	13,9
	PM>2,5	16,0	7,5	25,3	118,5	9,4
Örnek No 7	PM<0,25	242,3	13,9	19,5	93,3	51,5
	0,25-0,5	40,6	0,0	13,1	68,3	29,3
	0,5-1,0	44,2	0,0	8,7	64,8	23,3
	1,0-2,5	53,0	0,0	9,9	52,8	13,9
	PM>2,5	165,9	12,7	38,1	91,3	12,2
Örnek No 8	PM<0,25	29,5	0,0	20,4	120,1	56,8
	0,25-0,5	18,4	0,0	17,8	61,3	12,5
	0,5-1,0	10,6	0,0	7,0	37,1	12,3
	1,0-2,5	12,4	0,0	7,8	43,3	15,3
	PM>2,5	13,7	0,0	7,6	43,6	19,2
Örnek No 9	PM<0,25	1.188,9	7,1	13,5	252,8	63,3
	0,25-0,5	859,2	0,6	24,1	163,2	30,4
	0,5-1,0	1.562,0	0,0	12,1	176,2	23,9
	1,0-2,5	1.601,8	0,0	11,8	196,4	23,3
	PM>2,5	2.399,8	7,0	19,6	296,5	26,8
Örnek No 10	PM<0,25	119,2	0,6	32,1	357,2	87,3
	0,25-0,5	70,5	4,3	40,4	235,1	28,6
	0,5-1,0	40,0	1,1	20,2	209,3	29,3
	1,0-2,5	189,7	10,8	24,1	306,5	38,0
	PM>2,5	54,0	26,7	41,0	251,0	60,9

Analizi yapılan Cu, Ni, Mn, Pb ve Cr elementlerinin en düşük ve en yüksek konsantrasyonları sırasıyla; 10,6 ng/m³- 2.399,8 ng/m³, 0 – 73,7 ng/m³, 7,0 ng/m³ - 72,7 ng/m³, 37,1 ng/m³ - 306,5 ng/m³ ve 9,4 – 95,8 ng/m³ olduğu görülmüştür.

Cu konsantrasyonları hemen hemen tüm örnekleme yerlerinde diğer element konsantrasyon ortalamalarının altında tespit edilmiş, 9 nolu örnekte ise tüm partikül boyutlarında yüksek değerler gözlenmiştir (Tablo 4.3). 9 nolu örnekleme sırasında tesiste otobüs bagajı, askeri araç parçaları, vida vb. çok sayıda materyalin kaplanması gerçekleştirilmiştir. Örnekleme sırasında birden fazla hammadde kullanılarak kaplama yapılmasının Cu konsantrasyonunda artışa neden olduğu söylenebilir.

Ni konsantrasyonları diğer element konsantrasyonlarından oldukça düşük değerlerde gözlenmiş olup özellikle 7, 8, ve 9 nolu örneklemelerde tespit edilememiştir. 7 ve 9 nolu örneklerde 1.0 – 2.5 µm ve 0.5 – 1.0 µm boyut aralıklarında tespit edilememiş olmasına rağmen PM>2.5 boyutunda Ni değerleri sırasıyla 13,9 ng/m³ ve 7,1 ng/m³ olarak belirlenmiştir. 8 nolu örnekte ise hiçbir partikül boyut aralığında Ni konsantrasyonu tespit edilememiştir. Bunun sebebi, 8 nolu örnekleme sırasında kaplanılan materyalin rengi ile kaplamada kullanılan hammadde içeriğinin benzerlik göstermesi olabilir.

Mn konsantrasyonları tüm örneklerde 7,0 ng/m³- 72,7 ng/m³ aralığında değiştiği görülmektedir. Mn konsantrasyonları diğer element konsantrasyonları ile kıyaslandığında ortalamanın altında kaldığı görülmektedir.

Pb konsantrasyonlarının en yüksek ve en düşük değerleri sırasıyla 37,1 ng/m³ – 357,2 ng/m³ arasında değiştiği görülmektedir. Pb konsantrasyonlarının en yüksek olduğu örnekler 9. ve 10. Örneklemelerde olup en düşük konsantrasyonlara 2 nolu örnekleme de rastlanmaktadır. Bakır konsantrasyonlarından sonra en yüksek konsantrasyonlar kurşunda gözlenmiştir. Pb konsantrasyonlarına tüm örneklemelerde İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Tüzüğündeki 0,15 mg/m³ ve OSHA, NIOSH ve ACGIH 0,05 mg/m³ olarak verilen sınır değerlerini geçmediği gözlenmiştir.

Cr konsantrasyonları alınan örneklerde 9,4 ng/m³- 95,8 ng/m³ aralığında değiştiği gözlenmiştir. En düşük Cr konsantrasyonları 8 nolu örneklemede saptanmış olup alüminyum kaplama gerçekleştirilmiş olmasıdır. En yüksek konsantrasyonlar ise 2 nolu örnekleme de rastlanmaktadır ve 2 nolu örnekleme sırasında bagaj malzemeleri Cr(III) ile kaplanmıştır.

İnce (PM_{2.5}) ve kaba (PM>2.5) PM boyutlarındaki elementlerin karşılaştırılması Tablo 4.4'te verilmiştir. Tablo incelendiğinde PM_{2.5} boyutlarındaki element konsantrasyonları PM>2.5 boyutundaki element konsantrasyonlarından genellikle daha yüksek olduğu görülmektedir. PM_{2.5} element konsantrasyonları PM>2.5 element konsantrasyonlarından 2 – 5 kat daha fazla olmasına rağmen 3. örneklemede Cu (PM_{2.5}, 88,7 ng/m³; PM>2.5, 157,2 ng/m³) ve 10. örneklemede Ni (PM_{2.5}, 16,8 ng/m³; PM>2.5, 26,7 ng/m³) PM>2.5 konsantrasyonlarının daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir.

Tablo 4.4: İnce (PM_{2.5}) ve kaba (PM_{>2.5}) PM boyutlarındaki elementlerin karşılaştırılması.

Örnek	PM	Cu (ng/m ³)	Ni (ng/m ³)	Mn (ng/m ³)	Pb (ng/m ³)	Cr (ng/m ³)
Örnek No 2	PM _{2.5}	106,0	173,4	87,3	264,3	237,8
	PM _{>2.5}	35,6	46,0	39,6	78,2	65,4
Örnek No 3	PM _{2.5}	88,7	119,1	115,7	408,4	151,5
	PM _{>2.5}	157,2	56,6	72,7	170,7	75,5
Örnek No 6	PM _{2.5}	89,9	255,5	52,9	366,7	120,9
	PM _{>2.5}	16,0	7,5	25,3	118,5	9,4
Örnek No 7	PM _{2.5}	380,1	13,9	51,2	279,2	118,0
	PM _{>2.5}	165,9	12,7	38,1	91,3	12,2
Örnek No 8	PM _{2.5}	70,9	0	53,0	261,8	96,6
	PM _{>2.5}	13,7	0	7,6	43,6	19,2
Örnek No 9	PM _{2.5}	5211,9	7,7	61,5	788,6	140,9
	PM _{>2.5}	2399,8	7,0	19,6	296,5	26,8
Örnek No 10	PM _{2.5}	419,4	16,8	116,8	1108,1	183,2
	PM _{>2.5}	54,0	26,7	41,0	251,0	60,9

Cu için PM_{2.5}/PM_{>2.5} oranı element analizi yapılan örneklemeler de 3 nolu örnekleme (0,6) hariç 1'in üzerinde gözlenmiştir. En yüksek PM_{2.5}/PM_{>2.5} oranı 7,7 olarak hesaplanmıştır. 3 nolu örneklemede kullanılan hammadde cinsleri ve kaplama süresinin kısa olması buna sebebi olabilir.

Ni için PM_{2.5}/PM_{>2.5} oranı 6 nolu örneklemede diğer tüm element PM_{2.5}/PM_{>2.5} larına göre pik yapmış olup bu oran 34,1 değerinde gözlenmiştir. 6 nolu örneklemede uçak parçalarında yüksek basınç ve korozyona dayanıklı olduğundan hammadde olarak Ni bulundurması buna sebep olmuştur.

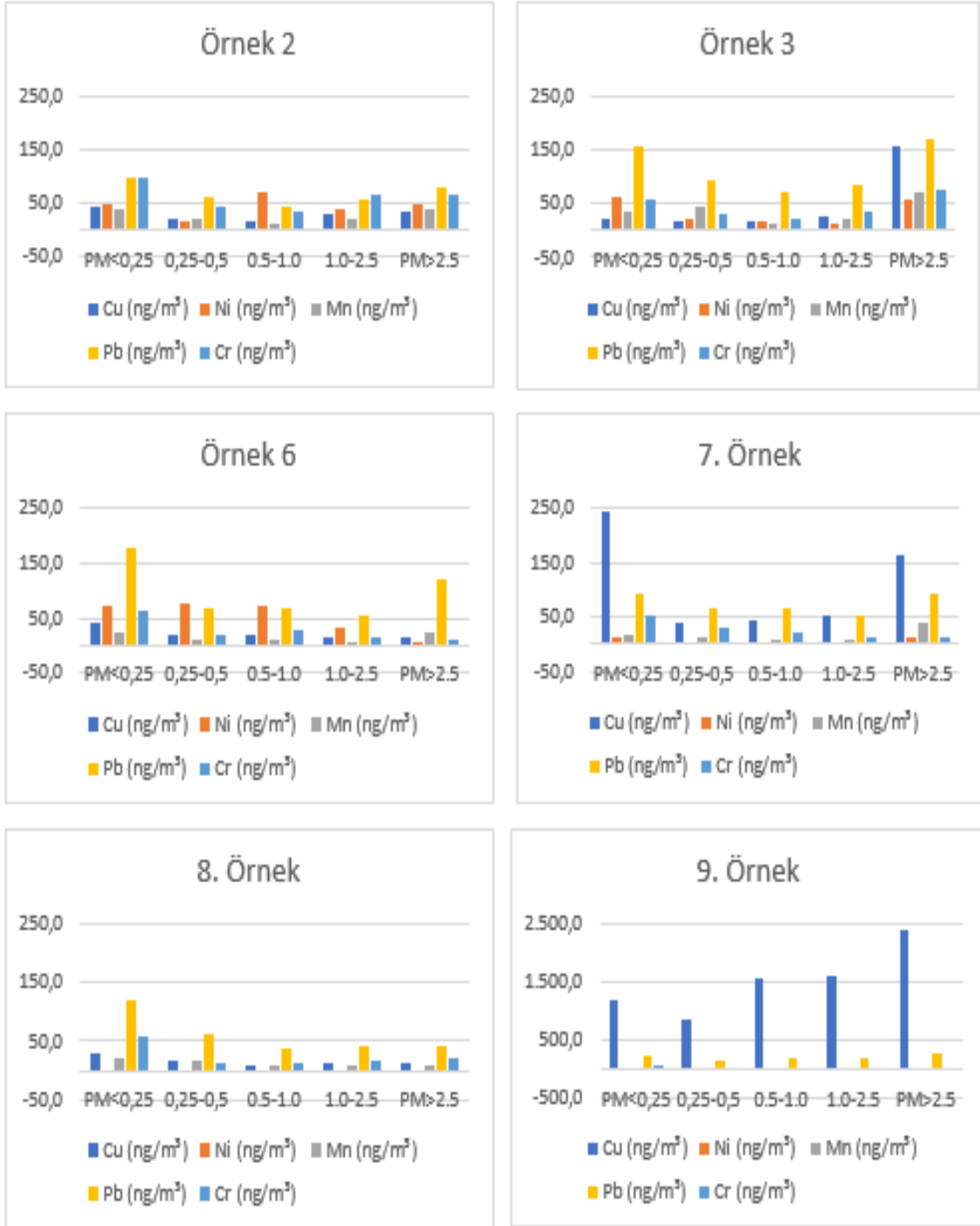
Mn ve Pb için PM_{2.5}/PM_{>2.5} oranları incelendiğinde 1'in üzerinde gözlenmiş olup bu oranlar Mn için 1,1 – 7,0 Pb için 3,1 – 6,0 arasında değişmektedir.

Cr için PM_{2.5}/PM_{>2.5} oranları örneklemelerin hepsinde 1'in üzerinde gözlenmiş olup 2,0 – 15,5 aralığında değişmektedir. En yüksek Cr PM_{2.5}/PM_{>2.5} oranı 2 nolu örneklemede (15,5) tespit edilmiştir. Bunun sebebi 2 nolu örneklemede Cr(III) ile bagaj kaplaması gerçekleştirilmesidir.

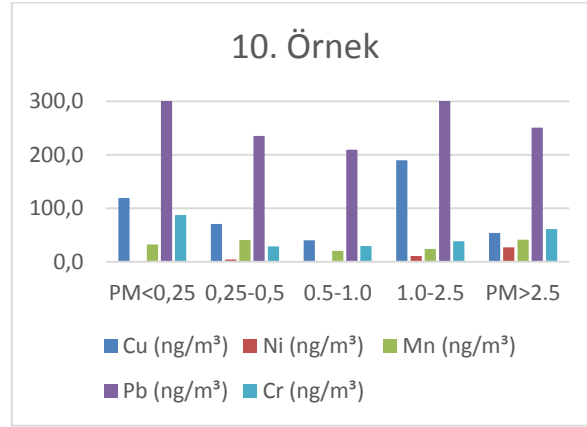
Farklı partikül boyutlarında incelenen element konsantrasyonları Şekil 4.3'te verilmiştir. Grafikler incelendiğinde Pb konsantrasyonlarının gözlenebilir olmasına rağmen 7 ve 9 nolu

örneklerde Cu konsantrasyonlarının daha yüksek olduğu görülmektedir. 7 ve 9 nolu örnekte kaplanan ürün hammadresi ve ürün sayısının çok olmasına bağlı olarak Cu konsantrasyonlarının yüksek çıkmasına neden olduğu tahmin edilmektedir. En yüksek Ni konsantrasyonları 1 nolu örnekte tespit edilmiş olup element açısından da çeşitlilik göstermektedir.





Şekil 4.4: Farklı partikül boyutlarında incelenen element konsantrasyonları.



Şekil 4.4 (devam): Farklı partikül boyutlarında incelenen element konsantrasyonları.

4.3. SAĞLIK RİSKLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Farklı PM boyutlarındaki bulunan elementlerin konsantrasyonları değerlendirilerek sağlık riskleri araştırılmıştır.

Cr elementi (+3) veya (+6) değerlikli olarak bulunabilir. Cr(VI) A sınıfı kanserojen madde olduğu halde, EPA Cr(III) D sınıfı kanserojen olmayan madde olarak sınıflandırmıştır. Toplam Cr içinde literatürde Cr(VI)/Cr(III) oranı 1/6 olduğu görülmüştür. Bu çalışmada GF-AAS ile ölçülen toplam Cr konsantrasyonunda yer alan Cr(VI) elementi toplam Cr konsantrasyonunun 1/7'si olarak değerlendirilmiştir (Park ve diğ., 2008; Hieu ve Lee, 2010; USEPA, 1998).

Metal yüzey kaplama tesisinde gerçekleştirilen örneklemlerden PM_{2.5} boyutundaki partiküllerin içerdiği elementlerden tehlike indeksi ve kanser riski hesaplanmış olup sonuçlar Tablo 4.5'te verilmiştir.

Tablo 4.5: Elementel tehlike indeksleri ve kanser riskleri.

Element	Konsantrasyon ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	RfC ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	CDI _(hava)	HQ	IUR ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ⁻¹	ELCR	Kaynak
Tehlike indeksi							
Ni	0,084	1,40E-05	1,68E-05	1,20E+05			Cal EPA
Mn	0,076	5,00E-05	1,52E-05	3,04E-01			IRIS
Cr(VI)		1,00E-04	4,20E-02	4,20E-02			IRIS
				$\Sigma=1,50E+00$			
Kanser riski							
Ni	0,084				2,40E-04	2,02E-05	IRIS
Pb	0,496				1,20E-05	5,95E-06	Cal EPA
Cr(VI)	0,021				1,20E-02	2,52E-04	IRIS
						$\Sigma=2,86E-5$	

Toplam kanser riski (ELCR), kabul edilebilir limiti $1,0 \times 10^{-6}$ 'dır. Kanserojenik risk değeri (toplam (ELCR) $2,86 \times 10^{-5}$ olarak bulunmuş olup bu değer kabul edilebilir değerin üzerindedir. Bu sonuç kabul edilebilir değerin 28,6 katı ($2,86 \times 10^{-5}$) olup 1.000.000'da 29 kişinin kanser olma ihtimalini göstermektedir. Li ve diğ. (2013) tarafından yapılan çalışmada ise araç denetlemelerinde yaşam boyu kanser riski faktörleri (ILCR) $2,59 \times 10^{-5}$, $5,56 \times 10^{-5}$ ve $1,01 \times 10^{-4}$ olmakla birlikte, ILCR değerleri bu çalışma ile benzerlik göstermektedir ve bu değer kabul edilebilir sınır değer 10^{-6} 'dan daha yüksek olup potansiyel bir kanser riski oluşturulduğu tespit edilmiştir.

Kanserojenik olmayan (toplam HQ) risk ise 1,50 olarak hesaplanmıştır. Ayrı ayrı HQ değerlendirildiğinde Ni için kabul edilebilir limitin (1,0) üstünde olduğu görülmektedir. Mn (0,304) ve Cr(VI) (0,042) kanserojenik risk limitinin altındadır.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışma, İstanbul Pendik ilçesine bağlı Kurtköy sanayi sitesinde yer alan bir metal kaplama tesisinde 19 Mart 2014 – 14 Mayıs 2014 tarihleri arasında gerçekleştirilmiş olup farklı partikül boyutlarındaki kütle konsantrasyonlarının, element içeriklerinin belirlenerek çalışan personelin maruz kaldığı sağlık risklerinin değerlendirilmesi amacıyla gerçekleştirilmiştir.

SKC Sioutas sıralı örnekleyici ile alınan örneklerde $PM_{>2.5}$, 2.5-1.0, 1.0-0.5, 0.5-0.25 ve <0.25 μm olmak üzere 5 farklı boyut ağırlığındaki partikül maddenin ortalama konsantrasyonları ve standart sapma değerleri sırasıyla, $117,6 \pm 51,4$ $\mu g/m^3$, $57,4 \pm 61,7$ $\mu g/m^3$, $26,6 \pm 12,9$ $\mu g/m^3$, $60,0 \pm 49,0$ $\mu g/m^3$, $89,0 \pm 33,3$ $\mu g/m^3$ olarak bulunmuştur. Tüm örneklerde toplam askıda partiküllerin %50,8 ile %81,3'ünden fazlasını 2.5 μm 'den küçük boyutlu partiküllerin ($PM_{2.5}$) oluşturduğu, 0,50 μm 'den küçük partiküllerin ise ortalama $PM_{2.5}$ konsantrasyonunun yaklaşık %64'ünü, ortalama toplam PM konsantrasyonunun ise %42'sini oluşturduğu belirlenmiştir. Dolayısıyla metal işleme sıvılarından kaynaklanan aerosollerin çalışanlar için sağlık riskinin önemli boyutlarda olabileceği göz önünde bulundurulmalıdır.

Her ne kadar bu çalışmada tespit edilen Toplam PM konsantrasyonları İş Sağlığı ve İş Güvenliği Tüzüğü, Tozla Mücadele Yönetmeliği'ndeki sınır değerinin altında kalsa da metal kaplama sektöründe kullanılan kimyasalların çeşitliliği dikkate alındığında metal sektöründe çalışanların sağlığı bakımından maruz kaldıkları partiküllerin karakterizasyonu da üzerinde önemle durulması gereken bir konudur.

Bu amaç ile partikülün farklı boyut ağırlıklarındaki Pb, Ni, Mn, Cu ve Cr elementlerinin farklı boyut aralıklarındaki konsantrasyonları tayin Cu, Ni, Mn, Pb ve Cr elementlerinin miktarları GF-AAS cihazı ile belirlenmiş olup en yüksek konsantrasyonlar sırasıyla; $2.399,8$ ng/m^3 , $73,7$ ng/m^3 , $72,7$ ng/m^3 , $306,5$ ng/m^3 ve $95,8$ ng/m^3 olarak tespit edilmiştir. Pb konsantrasyonlarına tüm örneklemelerde İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Tüzüğündeki $0,15$ mg/m^3 ve OSHA, NIOSH ve ACGIH'da $0,05$ mg/m^3 olarak verilen sınır değerleri geçmediği gözlenmiştir. $PM_{2.5}$ boyutlarındaki element konsantrasyonlarından genellikle 2 – 5 kat daha fazla olduğu belirlenmiş olup ince partikül fraksiyonlarındaki maruziyetin yüksek olduğu görülmüştür.

Sağlık risklerini değerlendirmek amacıyla PM_{2.5} boyutundaki partikülde Cu, Ni, Mn, Pb ve Cr(VI) elementler için tehlike indeksi ve kanser riski hesaplanmıştır. Kanserojenik risk değeri kabul edilebilir değer olan $1,0 \times 10^{-6}$ 'nın 28,6 katı olarak bulunmuştur. Bu sonuç bize 1.000.000 kişi içinde 29 kişinin kanser olma ihtimali bulunduğunu göstermektedir.

Metal sektöründe metalin işlenmesi sırasında çok çeşitli kimyasallar kullanılmakta, bu kimyasallar çalışanlarda olumsuz sağlık etkilerine neden olabilecek konsantrasyonlarda aerosol halinde ortama yayılmaktadır. İş Sağlığı ve Güvenliği kapsamında metal kaplama aerosollerine maruz kalan çalışanların maruziyetinin azaltılması için gerekli önlemlerin alınması ve sağlık muayenelerinin daha sık (3 aylık) ve düzenli olarak gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Doğal havalandırma ile temiz hava devamlı sağlanmalı, nem ve sıcaklık konfor seviyesinde tutulması gerekmektedir. Doğal havalandırma yetersiz ise fanlar ve gerekli hava filtrasyonlar ile havalandırma sistemlerinin kullanılması gerekmektedir. Partikül maddeler için havalandırma cihazı olarak santrifüj toplayıcı, ıslak sıyırıcı (scrubber) veya elektrostatik çöktürücülerin kullanılması önerilebilir. Ayrıca metal işleme yöntemleri gerçekleşirken çalışanlara gerekli tipte toz maskesi ve eldiven kullandırtmalı ve kişisel koruyucu donanımlarının düzenli kullandırılmaya teşvik edilmelidir. Partikül madde boyut dağılımı ve karakterizasyonu çalışanların maruziyetinde dikkate alınması gereken faktörler olmalıdır. Çalışanlara düzenli olarak iş sağlığı ve güvenliği eğitimleri verilerek bilinç arttırılmalıdır. Kirleticilerin kontrolü için tehlikeli kimyasalın kullanımının durdurulması veya daha az toksik kimyasallar ile değiştirilmesi ve proseste değişiklik yapılması gerektiği önerilebilir. Ayrıca konu ile ilgili sanayi bölgelerinde bölgesel nitelikli daha fazla çalışma yapılması ve sonuçlarının değerlendirilmesi gereklidir.

KAYNAKLAR

- Alptekin, O., 2007, *Binalarda iç hava kalitesi toz partiküllerinin iç mekân hava kalitesi üzerindeki etkilerinin incelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 199422.
- Altundağ, H., 2002, *Adapazarı Ev Tozlarında Ağır Metallerin Alevli Atomik Absorpsiyon Spektrometrik Teknikle Tayini*, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- Alvarez, C., Granda, S., Goswami, S., 2004, Multiple hydrogen and tautomerism in naphthyridine derivatives, *New J Chem*, 28 (6): 700-707.
- Arı, A., Argante J., Meliefst, K., ve ark., 2008, İskenderun ve Payas'ta Atmosferik PM10 ve PM2.5 Derişimlerinin İncelenmesi, *Hava Kirliliği ve Kontrolü Ulusal Sempozyumu*, 22-25 Ekim 2008, Hatay.
- Arslan, T., 2008, *Kompleks olarak bağı ağır metal içerikli atıksuların elektrokoagülasyon ile arıtımı*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Ayvaz Kahramantekin, T., 2006, *Atmosferik partiküllerde iyon analizi ve istatistiksel değerlendirme*, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, 184990.
- Bağlarbunarı, P., 2010, *Air quality in workplace of an aluminum wheel production plant*, Dokuz Eylül University Graduate School of Natural and Applied Sciences, İzmir, 285773.
- Baş, L., Demet, Ö., 1992, Çevresel Toksikoloji Yönünden Bazı Ağır Metaller, *Ekoloji*, 42-46.
- Berkem, V., A., 1978, *Elektrokimya Laboratuvar Uygulaması*, İstanbul Üniversitesi Yayınları, İstanbul.
- Bernstein, J. A., Alexix, N., Bacchus, H., Bernstein, I. L., Fritz, P., Horner, E., Li N., Mason, S., Andre Nel, A., Outulette, J., Reijula, K., Reponen, T., Seltzer, J., Smith, A. and Tarlo, S.M., 2008, The health effects of nonindustrial indoor air pollution, *J. Allergy Clin Immunol*, 121, 585-591.
- Betha R. & Balasubramanian R., 2011, Emissions of particulate-bound elements from stationary diesel engine: characterization and risk assessment, *Atmos. Environ.*, 45, 5273-5281.
- Boşgelmez, A., Boşgelmez, İ., İ., Savaşçı, S., Kaynaş, S., Paslı, N., 1997, *Ekoloji-I*, ISVAK Yayınları, Ankara, 6, 358-615.

- Bulgurcu H., İlten N., Coşgun A., 2006, Okullarda iç hava kalitesi problemleri ve çözümleri, *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, Sayı: 96, 59-72.
- Buonanno, G., Morawska, L. and Stabile, L., 2011, Exposure to welding particles in automotive plants *Journal of Aerosol Science*, 42: 295-304.
- Byrne, C.A., 2000, *Air Sampling of Volatile Organic Compounds in a Community Near an Industrial Corridor*, Department of Civil and Environmental Engineering, University of Alberta, Canada.
- Chen, M.-R., Tsai, P.-J., Chang, C.-C., Shih, T.-S., Lee, W.-J. and Liao, P.C., 2007, Particle size distributions of oil mists workplace atmospheres and their exposure concentrations to workers in a fastener manufacturing industry, *Journal of Hazardous Materials*, 146, 393-398.
- Civelek E., 2001, *Kurşuna maruz akü fabrikası işçilerinde genotoksik hasarın challenge tekniği ile araştırılması*, Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Farmasötik Toksikoloji Anabilim Dalı.
- Cohen, H., and White, E.M., 2006, Metalworking fluid mist occupational exposure limits: A discussion of alternative methods, *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 3: 501-507.
- Corzine J.S. & Mauriello M.N., 2009, Guidance on Risk Assessment for Air Contaminant Emissions, New Jersey Department of Environmental Protection (NJDEP) Division of Air Quality, *Technical Manual* 1003, 20-24.
- Çavuşoğlu, K., Çakır, Ş., Kırındı, T., 2006, Kırıkkale İlinin Çeşitli Bölgelerinde Yol Kenarlarından Toplanan Pinus Nigra (J.F. Arnold) Subsp. Nigra Var. Caramanica (Loudon) Rehder Türündeki Kurşun (Pb) Kirliliğinin Araştırılması, *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 11, 11-26.
- Çetinkaya, E., 2006, *Çinko-Nikel alaşım kaplamalarının karakteristiklerinin incelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı., Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Çoban, N.A., 2009, *Türkiye’de kentlerde ölçülen partiküler madde (PM10) konsantrasyonlarının değerlendirilmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 270210.
- Efeçinar, M., 2009, *Atomik absorpsiyon spektrometresi ile metal iyonlarının tayini için bulutlanma noktası ekstraksiyonu*, Yüksek Lisans, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Environmental Protection Agency, 1995, Profile of the Fabricated Metal Products Industry, *EPA Office of Compliance Sector Notebook Project*, Washington.
- Ezzati, M., 2005, Indoor air pollution and health in developing countries, *The Lancet*. 366, 94480; 104.

- Finlayson-Pitts, B., J., & Pitts, J., N., 1986, *Atmospheric Chemistry: Fundamentals and Experimental Techniques*, 1th ed., John Wiley and Sons Inc.
- Gordon, T., 2004, Metalworking Fluid-The Toxicity of a Complex Mixture. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A*: 67- 3, 209-219.
- Gökçen, N., *Bir boya fabrikasında iç hava kalitesi ve işçi sağlığı üzerinde etkilerinin değerlendirilmesi*, Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 2015, 129s.
- Hieu N. T., Lee B.-K., Characteristics of particulate matter and metals in the ambient air from a residential area in the largest industrial city in Korea, *Atmos. Res.*, 2010, 98, 526–537.
- Harrison, R. & Yin, J., 2004, Characterisation of Particulate Matter in the United Kingdom, The University of Birmingham, *CPEA 6*, 20-30.
- Ivlev, L.S., Dovgalyuk, Y.A., 1999, Fizika atmosferyh aerazol'nyh sistem, *Fizika atmosferyh aerazol'nyh sistem*, 194.
- İnce, M., 2005, *Ultra eser düzeydeki ağır metallerin amberlite – XAD ile önderistirilmesi ile atomik absorpsiyon spektrofotometresiyle tayini*, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- Jones, A.P., 1999, Indoor Air Quality and Health. *Atmospheric Environment*, 33, 4535 – 4564.
- Kahvecioğlu, Ö., Güven, A., Kartal, G., Timur, S., 2004, *Metallerin Çevresel Etkileri-I-II-III*, *Metalurji Dergisi*, 136-138.
- Kimyasal Maddelerle Çalışmalarda Sağlık ve Güvenlik Önlemleri Hakkında Yönetmelik, Sayı: 28733, Tarih: 12.08.2013.
- Koçak, M., 2006, *Comprehensive chemical characterization of aerosols in the astern mediterranean: sources and long range transport*, Doktora Tezi, M.E.T.U., The Institute Of Marine Sciences, Ankara, 180812.
- Kreiss, K. and Cox-Ganser, J., 1997, Metal working fluid-associated hypersensitivity pne Imonitis: A workshop summary, *American Journal of Industrial Medicine*, 32:423-432.
- Kuo, S-C, Hsieh, L-Y, Tsai, C-H, Tsai, Y.I., 2007, Characterization of PM2.5 fugitive metal in the workplaces and the surrounding environment of a secondary aluminum smelter, *Atmospheric Environment*, 41, 6884–6900.
- Kurutaş, B., 2009, *Bir metal endüstrisindeki çalışma ortamlarının iç hava kalitesinin belirlenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 252858.

- Li, P.-H., Kong, S.- F., Geng, C.- M., Bing, B.- H., Sun, R.- F., Zhao, R.- J. and Bai, Z.- P., 2013, Assessing the hazardous risk of vehicle inspection workers' exposure to particulate heavy metals in there work places, *Aerosol and Air Quality Research*, 13:255-265.
- Lillienberg, L., Burddorf, A., Mathiasson L., and Thorneby L., 2008, Exposure to Metalworking Fluid Aerosols and Determinants of Exposure, *Ann.Occup. Hyg. Vol.*, 52, No. 7, pp. 597-605.
- Onat, B., ve Şahin, Ü., 2008, *İstanbul metrosunda çalışanların ve yolcuların maruz kaldığı partikül maddenin konsantrasyon, boyut dağılımı ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesi*, İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Araştırma Raporu.
- Öktüren, A., F. ve Sönmez, S., 2007, *Ağır metal toksisitesinin bitki metabolizması üzerine etkileri*, akdeniz üniversitesi ziraat fakültesi toprak bölümü, Antalya.
- Özkan, G., 2009, *Endüstriyel bölge komşuluğunda kıyısız kırsal alandaki hava kalitesi; Muallimköy'de partikül maddede ve topraktaki ağır metal kirliliği*, Yüksek Lisans Tezi, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, İstanbul.
- Öztürk, M., 2008. *Hava kirliliğinin halk sağlığı üzerine etkisi*, Çevre ve Orman Bakanlığı.
- Park E. J., Kim D. S., Park K., Monitoring and ambient particles and heavy metals in a residential area of Seoul, Korea, *Environ. Monit. Assess.*, 2008, 137, 441-449.
- Park, D., 2012, The occupational exposure limit for fluid aerosol generated in metalworking operations: Limitations and recommendation, Department of Environmental Health, Korea National Open University, Seoul, Kore, *Shaw Safety and Health at Work*, Review, 3:1-10.
- Park, D., Stewart, P.A. and Coble J.B., 2009, Determinants of exposure to metalworking fluid aerosols: A literature review and analysis of reported measurements, *Ann. Occup. Hyg.*, 53, No, 3, pp, 271-288.
- Refik Saydam Hıfzıssıhha Merkezi (RSHM), 2004, *Hava Kirliliğine Genel Bakış*, Refik Saydam Hıfzıssıhha Merkezi Başkanlığı Çevre Sağlığı Araştırma Müdürlüğü, 50-60.
- Ross, A.S., Teschke, K., Brauer, M. And Kennedy, S.M., 2004, Determinants of exposure to metalworking fluid aerosol in small machine shops, *Ann. Occup. Hyg.*, 48, No:5, pp, 383-391.
- Sağlam, N., Cihangir, N., 1995, Ağır Metallerin Biyolojik Süreçlerle Biyosorbsiyonu Çalışmaları, *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 11, 157- 161.
- Saraga, D., Pateraki, S., Papadopoulos, A., Vasilakos, C. and Maggos, T., 2011, Studying the indoor air quality in three non-residential environments of different

use: A museum, a printery industry and an Office, *Building and Environment*, vol.46, 2333-2341.

Scherbakova, K., 2010, *İstanbul'daki solunabilir partikül maddenin boyut dağılımının istatistiksel analizi*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 282644.

Simpson, A., T., Stear, M., Groves, J., A., Piney, M., Bradley, S.D., Stagg, S., Crook, B., 2003, Occupational exposure to metalworking fluid mist and sump fluid contaminants, *Ann. Occup Hyg.*, Vol 47, No, 1 pp, 17-30.

Sivaslıgil, A., 2007, *Gebze-Dilovası'nda Partikül Madde Kirliliği; Kirletic Kaynakların Dökümü ve Partikül Madde Kanserojenik PAH Analizi*, Yüksek Lisans, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, İstanbul.

Sossé, B.A., Genet, P., Dunand-Vinit, F., Toussaint, L., M., Epron, D. and Badot, P.M., 2004, "Effect of copper on growth in cucumber plants (*Cucumis sativus*) and its relationships with carbohydrate accumulation and changes in ion contents", *Plant Science*, 166, 1213-1218.

Soysal, A., ve Demirel, Y., 2007, TSK Koruyucu Hekimlik Bülteni, Kapalı Ortam Hava Kirliliği., 221 – 226.

Sönmez, S., (2006), *Metal kaplama sanayi atıksularından perlit minerali ile toplam gideriminin incelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.

Stakeeva, B., 2008, *Trafiğin yoğun olduğu çevrelerde maruz kalınan ince partikül maddenin (PM2.5) belirlenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü.

Süren, P., 2007, *Zonguldak kent merkezi atmosferik partikül madde kirliliğinin; PM2,5 ve PM10 boyut dağılımı, kaynak ve metalik kompozisyon temelinde incelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir, 177952.

Şahin, Ü., 2005, *İstanbul ili PM ve THC dağılımının yapay sınır ağ teknikleri ile modellenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü.

Şahin, Ü., 2009, *Metal endüstrisi iç ortamında PM2.5 konsantrasyonunun belirlenmesi*, IX Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, s.647-655.

Turalıoğlu, F.S., Bayraktar, H., Tuncel, G., 2008, *Erzurum Atmosferinde TSP, PM10, PM10-2,5, PM2,5 Kütleli Konsantrasyonları*" Ulusal Hava Kalitesi Sempozyumu, 89-97.

Tatar, Ç.P., 2014, *Kurşun maruziyetinin iş sağlığı ve güvenliği açısından değerlendirilmesi, İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Araştırması*, Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü, Ankara, 57-63.

- Tokman, N., 2007, *Grafit fırınlı atomik absorpsiyon spektrometresinde bizmut ve demir üzerine bazı inorganik tuzların girişim etkilerinin araştırılması*, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Uğur Gümüş, F., 1991, *İstanbul Fatih ilçesinde bazı hava kirliliği parametrelerinin tesbiti ve irdelenmesi*, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Marmara Üniversitesi, 5-23.
- URL1. http://www.centro.com.tr/download/Kursun_Zehirlenmesi.pdf, 2010 [Ziyaret Tarihi: 10 Haziran 2016].
- URL2. US EPA. Indoor air quality: sick building syndrome (EPA/402-F-94-004), Indoor Air Group, Research Triangle Park, North Carolina, 228, 1991 [Ziyaret Tarihi: 10 Haziran 2016].
- URL3. http://rais.ornl.gov/tools/rais_chemical_risk_guide.html, [Ziyaret Tarihi: 25 Nisan 2014].
- United States Environmental Protection Agency (USEPA), *Risk Assessment Guidance for Superfund, Volume I*, EPA/540/1-89/002, 19-21, 1989.
- United States Environmental Protection Agency (USEPA), *Risk Assessment Guidance for Superfund: Volume I—Human Health Evaluation 426 Manual (Part D)*, Interim, Solid Waste and Emergency Response, EPA 427 540-R-97-003, 1998.
- United States Environmental Protection Agency (USEPA), *EPA Superfund Record of Decision, Risk Assessment Guidance for Superfund, Volume I*, EPA/ROD/R02-97/166, 1997.
- Uzun Parlak, N., 2008, *Metal kaplama prosesi durulama banyo atıksularının elektrokoagülasyon ile arıtımı*, Yüksek Lisans Tezi, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Vallius M., 2005, *Characteristics and Sources of Fine Particulate Matter in Urban Air*, University of Kuopio Department of Environmental Sciences National Public Health Institute, Finland.
- Wang, L.K., Hung, Y.T., Lo, H.H., Yapijakis C., 1992 *Handbook of industrial and hazardous wastes treatment*, Marcel Dekker, Inc. Newyork
- Woskiea, S.R., Smitha, T.J., Hallocka, M.F., Hammonda, K.S., Rosenthala, F., Eisena, E.A., Kriebela, D., Greavesb., I.A., 1994, Size-Selective Pulmonary Dose Indices for Metal-Working Fluid Aerosols in Machining and Grinding Operations in the Automobile Manufacturing Industry. *American Industrial Hygiene Association Journal* 55, 1, 20-29.
- Yatkın, S., 2006, *Elemental concentrations in İzmir atmosphere and their source apportionment*, Doktora Tezi, Dokuz Eylül University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, İzmir, 202681.

Yurtseven, E., 2008, *İki farklı bölgedeki ilköğretim okullarında iç ortam havasının insan sağlığına etkileri yönünden incelenmesi*, Doktora Tezi, İ.Ü. Sağlık Bilimleri Enstitüsü.



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	Nevran Sultan ÇALIŞKAN
Doğum Yeri	Fatih
Doğum Tarihi	30.06.1988
Uyruğu	<input checked="" type="checkbox"/> T.C. <input type="checkbox"/> Diğer:
Telefon	0.532.258 15 22
E-Posta Adresi	nevrancaliskan@gmail.com
Web Adresi	



Eğitim Bilgileri	
Lisans	
Üniversite	İstanbul Üniversitesi
Fakülte	Mühendislik Fakültesi
Bölümü	Çevre Mühendisliği
Mezuniyet Yılı	15.07.2011

Yüksek Lisans	
Üniversite	İstanbul Üniversitesi
Enstitü Adı	Fen Bilimleri Enstitüsü
Anabilim Dalı	Çevre Mühendisliği
Programı	Çevre Mühendisliği
Mezuniyet Tarihi	17.08.2017

Makale ve Bildiriler	
Çalışkan, N.S., Onat, B., Alver Şahin, Ü., 2015, Bir metal kaplama tesisi kapalı ortamında ince partiküllerin konsantrasyonu ve boyut dağılımının belirlenmesi, 6. Ulusal Hava Kirliliği Sempozyumu, İzmir, 7-9 Ekim 2015, 807-813.	