

**T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

(YÜKSEK LİSANS)

**BAZI ARAÇ KLİMA FİLTRELERİ
YARDIMIYLA İSTANBUL HAVASINDAKİ
ESER ELEMENT KİRLİLİĞİNİN
ARAŞTIRILMASI**

FATMA ATEŞ

**DANIŞMAN
PROF.DR.MEHMET ALİ KÖRPİNAR**

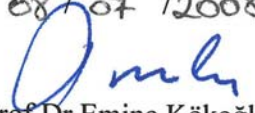
BİYOFİZİK ANABİLİM DALI

BİYOFİZİK PROGRAMI

İSTANBUL-2008

TEZ ONAYI

Aşağıda tanıtımı yapılan tez, jüri tarafından başarılı bulunarak Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

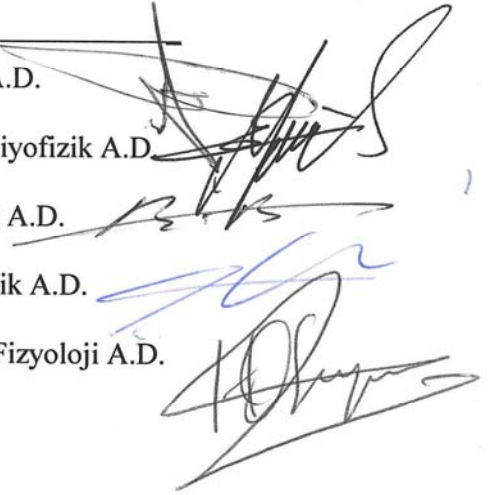
08/07/2008

 Prof. Dr. Emine Kökoğlu
 Enstitü Müdürü

Kurum : İstanbul Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü
 Program Adı : Biyofizik Programı
 Programın seviyesi : Yüksek Lisans ☒ Doktora ☐
 Anabilim Dalı : Biyofizik Anabilim Dalı
 Tez Sahibi : Fatma Ateş
 Tez Başlığı : Bazı Araç Klima Filtreleri Yardımıyla İstanbul Havaındaki Eser Element Kirliliğinin Araştırılması
 Sınav Yeri : Biyofizik A.D.
 Sınav Tarihi : 07 / 07 / 2008

Tez Sınav Jürisi

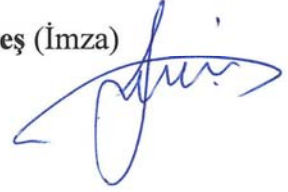
Ünvanı Adı Soyadı Üniversitesi, Fakültesi, Anabilim Dalı

1. Prof. Dr. Şefik Dursun İ.Ü. Cerrahpaşa Tıp Fakültesi, Biyofizik A.D.
2. Prof. Dr. Mehmet Ali Körpınar İ.Ü. Cerrahpaşa Tıp Fakültesi, Biyofizik A.D.
3. Prof. Dr. Bora Barutçu İ.Ü. Cerrahpaşa Tıp Fakültesi, Biyofizik A.D.
4. Prof. Dr. Tunaya Kalkan İ.Ü. Cerrahpaşa Tıp Fakültesi, Biyofizik A.D.
5. Prof. Dr. Hakkı Oktay Seymen, İ.Ü. Cerrahpaşa Tıp Fakültesi, Fizyoloji A.D.



BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmayla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığı beyan ederim.

Fatma Ateş (İmza)

TEŞEKKÜR

İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Biyofizik Anabilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimime başladığım günden itibaren hem eğitimim hemde tez çalışmalarım süresince değerli katkılarda bulunan sayın hocam Prof.Dr. Mehmet Ali Körpınar'a,

Çalışmamda kullanılan klima filtrelerinin hazırlanmasında, her türlü yardım ve desteği sağlayan Kimya Mühendisi Veysel Şahin'e,

Yüksek Lisans eğitimim boyunca beni destekleyen ve yardımlarını esirgemeyen Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Biyofizik Anabilim Dalı öğretim üyeleri ve çalışanlarına,

Yaşantımın her dakikasında benden desteğini esirgemeyen aileme ve dostlarıma çok teşekkür ederim.

Bu çalışma, İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenmiştir. **Proje No: T-789**

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAYI	2
BEYAN.....	3
TEŞEKKÜR.....	4
İÇİNDEKİLER	5
TABLolar LİSTESİ.....	6
ŞEKİLLER LİSTESİ	7
SEMBOLLER / KISALTMALAR LİSTESİ.....	9
ÖZET	10
ABSTRACT.....	11
1. GİRİŞ VE AMAÇ.....	12
2. GENEL BİLGİLER	13
2.1. Eser Elementler:	13
2.1.1. Kurşun Metabolizması ve Sağlık Üzerine Etkileri:	13
2.1.2. Çinko Metabolizması ve Sağlık Üzerine Etkileri:	18
2.1.3. Bakır Metabolizması ve Sağlık Üzerine Etkileri:	19
2.1.4. Demir Metabolizması ve Sağlık Üzerine Etkileri:	21
2.1.5. Kadmiyum Metabolizması ve Sağlık Üzerine Etkileri:	24
2.2. Klima Filtre Özellikleri ve Filtrasyon Mekanizmaları:.....	31
3. GEREÇ VE YÖNTEM	43
3.1. Kimyasal Maddeler:	43
3.2. Cihazlar:	43
3.3. Cam Malzemeler:	43
3.4. Deney Grupları:.....	44
3.5. Ölçüm Yöntemi:.....	44
4. BULGULAR.....	47
5. TARTIŞMA	59
KAYNAKLAR	65
GEÇMİŞ	77

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1: İnorganik ve Organik Kurşun Formları	14
Tablo 2: İnsan vücudundaki kadmiyumun yarılanma ömrü.	26
Tablo 3: İnsanda Kadmiyum Toksisitesinin Başlıca Etkileri	28
Tablo 4: Düz klima filtre özellikleri	35
Tablo 5: Aktif karbonlu klima filtre özellikleri	36
Tablo 7: Araçlardan alınan klima filtrelerine ait soru anket formu:	47
Tablo 8: Farklı markalara ait araçların klima filtrelerinin kurşun, çinko, bakır, demir konsantrasyonlarının ($\mu\text{gr/gr}$) ortalama (M) ve standart sapma (SD) değerleri. ($M \pm SD$).....	48
Tablo 9: Farklı markalara ait klima filtrelerinin farklı bölgelerdeki, kurşun ($\mu\text{gr/gr}$), konsantrasyonlarının ortalamaları (M) ve standart sapma (SD) değerleri ve örnek sayıları (n). ($M \pm SD$).....	52
Tablo 10: Farklı markalara ait klima filtrelerinin farklı bölgelerdeki, çinko ($\mu\text{gr/gr}$), konsantrasyonlarının ortalamaları (M) ve standart sapma (SD) değerleri ve örnek sayıları (n). ($M \pm SD$).....	53
Tablo 11: Farklı markalara ait klima filtrelerinin farklı bölgelerdeki, bakır ($\mu\text{gr/gr}$), konsantrasyonlarının ortalamaları (M) ve standart sapma (SD) değerleri ve örnek sayıları (n). ($M \pm SD$).....	54
Tablo 12: Farklı markalara ait klima filtrelerinin farklı bölgelerdeki, demir ($\mu\text{gr/gr}$), konsantrasyonlarının ortalamaları (M) ve standart sapma (SD) değerleri ve örnek sayıları (n). ($M \pm SD$).....	55

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1: Aktif karbonlu taneciklerin gözenek yapısının şematik gösterimi	34
Şekil 2: Düz klima filtre görünümü	35
Şekil 3: Aktif karbonlu klima filtre görünümü	36
Şekil 4: Tek katlı fiber tabakada partiküllerin çarpışması	38
Şekil 5: Tek katlı fiber tabakada partiküllerin adhezyonu	38
Şekil 6: Tek katlı fiber tabakada partiküllerin difüzyonu	39
Şekil 7: Klima filtrelerindeki kıvrımlar arası boşluk-basıncın değişim grafiği	40
Şekil 8: Gözenek çapı ve adsorpsiyon potansiyel değişimi (E)	41

GRAFİKLER LİSTESİ

Grafik 1: Araçların klima filtreleri arasında ölçülen kurşun değerlerinin ortalama değerleri. Dikey çizgiler standart hatayı (SE) göstermektedir.	49
Grafik 2: Araçların klima filtreleri arasında ölçülen çinko değerlerinin ortalama değerleri. Dikey çizgiler standart hatayı (SE) göstermektedir.	50
Grafik 3: Araçların klima filtreleri arasında ölçülen bakır değerlerinin ortalama değerleri. Dikey çizgiler standart hatayı (SE) göstermektedir.	50
Grafik 4: Araçların klima filtreleri arasında ölçülen demir değerlerinin ortalama değerleri. Dikey çizgiler standart hatayı (SE) göstermektedir.	51
Grafik 5: Klima filtreleri ile çalışılan 7 farklı bölge arasında ölçülen kurşun değerlerinin kıyaslanması. Dikey çizgiler standart hatayı (SE) göstermektedir.	52
Grafik 6: Klima filtreleri ile çalışılan 7 farklı bölge arasında ölçülen çinko değerlerinin kıyaslanması. Dikey çizgiler standart hatayı (SE) göstermektedir.	53
Grafik 7: Klima filtreleri ile çalışılan 7 farklı bölge arasında ölçülen bakır değerlerinin kıyaslanması. Dikey çizgiler standart hatayı (SE) göstermektedir.	54
Grafik 8: Klima filtreleri ile çalışılan 7 farklı bölge arasında ölçülen demir değerlerinin kıyaslanması. Dikey çizgiler standart hatayı (SE) göstermektedir.	55

SEMBOLLER / KISALTMALAR LİSTESİ

WHO: Dünya Sağlık Örgütü

B-Pb: Kan kurşun konsantrasyonu

MAK: Maksimum kabul edilebilir konsantrasyon

TLV-TLW: 40 saatlik veya 8 saatlik normal çalışma sırasında izin verilebilir zaman ağırlıklı ortalama konsantrasyon (*Threshold Limit Value*)

TLV-STEL: Kısa süreli maruz kalma sınırı (*Short Term Exposure Limit*)

TLV: Eşik limit değeri

SOD: Süper oksit dismutaz enzimi

GSH-P_{xi}: Glutasyon peroksidaz enzimi

Ni-Cd: Nikel-Kadmiyum

B-Cd: Kanda kadmiyum konsantrasyonu

KOAH: Kronik Obstruktif Akciğer Hastalığı

FSH: Folikül stimüle edici hormon

IARC: Ulusal Kanser Araştırma Örgütü

A/C: Araçlarda havalandırma sistemi (Klima)

OE: Orijinal Ekipman

PM: Ortalama Tanecik Boyutu

ÖZET

Ateş F. Bazı Araç Klima Filtreleri Yardımıyla İstanbul Havaındaki Eser Element Kirliliğinin Araştırılması. İstanbul Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Cerrahpaşa Tıp Fakültesi, Biyofizik A.D. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul. 2008

Eser elementler, yeryüzünde sağlıklı bir yaşam sürdürülebilmesi için dengeli ve yeterli miktarda alınması gerekli olan elementlerdir. Bu elementler arasında çinko, bakır ve demir organizmada fazla bulunduğu durumlarda toksik etkiler ortaya çıkmaktadır. Endüstride fazlaca tüketilen kurşun ve kadmiyum ise, insan ve diğer canlılarda toksisiteye neden olan metallerin başında yer almaktadır.

Araçlarda klima sistemlerinin düzenleyicisi görevini gören klima filtreleri yaklaşık 1 mikron boyutundaki partikülleri tutabilme özelliğine sahip katmanlı kağıttan yapılmaktadır.

Çalışmamızda, İstanbul'un çeşitli bölgelerinde havadaki eser element kirliliğini, otomobil servislerinden alınan 10 farklı araca ait klima filtreleri kullanılarak araştırmayı amaçladık. Araştırmamızda 7 farklı bölgede kurşun, kadmiyum, çinko, bakır ve demir elementleri ölçüldü. Hazırlanan materyallerin hidroklorik ve nitrik asit karışımı içerisinde çözünmesi sağlanarak, filtrelerde adsorbe edilen eser element düzeyleri, Atomik Absorbsiyon Spektrofotometresinde belirlendi. Bulgularımıza göre, kurşun beşinci bölgede, çinko, bakır ve demir değerlerinin de ikinci bölgede, maksimum olduğu gözlemlendi.

Sonuç olarak; İstanbul'da havadaki eser element kirliliğinin tespitinde klima filtreleri yardımı ile yapılan ölçümlerin oldukça etkin ve uygun bir yöntem olduğunu söyleyebiliriz.

Anahtar Kelimeler: Eser Elementler, Klima filtreleri, Hava Kirliliği, Kurşun.

Bu çalışma, İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenmiştir. Proje No: **T- 789**

ABSTRACT

Ates F. Determination of the Trace Element Pollution in Istanbul Air Through Some Auto Cabin Air Filters. Istanbul University, Institute of Health Sciences, Cerrahpasa Medical Faculty, Department of Biophysics, Master Thesis, Istanbul 2008.

Trace elements are the elements that are required to be taken in balance and in sufficient amounts for a healthy life. Toxic impacts occur in deficiency of zinc, copper and iron or in the excess of these in the organism. Lead and cadmium, consumed considerably in industries are amongst the major metals causing toxicity for human and other organisms.

Cabin air filters are made out of paper with many layers having the ability to capture particles with one micron dimension or higher. These filters act regulators for the air conditioning systems.

Aim of this study is to search the trace element pollution in the air, in different regions by analyzing the trace elements in cabin filters of 10 different marks, obtained from various auto services in the city of Istanbul. In order to effectively measure trace element levels in Atomic Absorption Spectrophotometer, all prepared test material was resolved in the hydrochloric and nitric acid mixture. Our research concludes that maximum values of lead has been found to be in the fifth region, whereas zinc, copper and iron in the second region.

In conclusion; our results show that the measurements made through use of cabin air filters for the determination of trace element pollution in the city of Istanbul is effective and usefull.

Key Words: Trace elements, Cabin air filters, Air pollution, Lead.

The present work was supported by the Research Fund of Istanbul University. Project No:

T- 789

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Eser elementlerin fonksiyonları yaşamın sürdürülmesi, büyüme ve üreme ile yakından ilgilidir. Bu elementlerin dengesiz alınımı hücrel fonksiyonları bozarak hastalıklara sebep olabilir. Yetersiz eser element düzeylerinde biyolojik fonksiyonlar bozulabildiği gibi aşırı dozda alınması ile beraber toksik etki oluştuğundan yine hücrel fonksiyonlar etkilenir. Önemli çevre kirleticileri ve toksik ajan olmaları nedeniyle, ağır metal ve metal bileşiklerinin insan sağlığı üzerindeki etkileri giderek daha çok önem kazanmaktadır.

Her geçen gün soluduğumuz hava giderek kirlenmektedir. Gerek artan taşıt miktarı ve fosil yakıtların kullanılması gerekse de kontrolsüz endüstrileşme hava kirliliğini arttırmaktadır. Bu kirlilik içindeki eser elementler, insan sağlığı için önemli oranda tehlike teşkil etmektedir.

Hava kirliliğini kontrol altında tutmak ve insan hayatı için tehlikeli düzeye erişmesini engellemek için kirliliğin düzenli olarak ölçülmesi gerekmektedir. Ancak ülkemizde bu konudaki çalışmalar yeterli değildir.

Çalışmamızda, İstanbul'da soluduğumuz havada bazı araçların klima filtreleri yardımıyla kurşun, kadmiyum, çinko, bakır ve demir düzeyini ölçmeyi planladık.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Eser Elementler:

Yeryüzünde, büyüme, üreme, sağlıklı bir yaşam sürdürülebilmesi için dengeli ve yeterli miktarda alınması gerekli olan yaklaşık on beş adet eser element bulunmaktadır (1). Bu elementler arsenik, krom, kobalt, kükürt, flor, iyod, demir, mangan, molibden, nikel, selenyum silisyum, kalay, vanadyum ve çinkodur (2,3).

Bu elementler arasında arsenik, kobalt, flor, mangan, molibden, nikel, selenyum, demir, bakır ve çinko eksikliklerinde veya organizmada fazla bulunduğu durumlarda toksik etkiler ortaya çıkmaktadır (2).

Doğada yaygın olarak bulunan ve endüstride fazlaca tüketilen kurşun ve kadmiyum ise, insan ve diğer canlılarda toksisiteye neden olan metallerin başında yer alır.

2.1.1. Kurşun Metabolizması ve Sağlık Üzerine Etkileri:

2.1.1.1. Kurşunun Doğada Bulunuşu:

Doğada yaygın olarak bulunan ve endüstrileşen toplumlarda kentleşme ve sanayileşmenin artması sonucu fazlaca tüketilen kurşun, insan ve diğer canlılarda toksisiteye neden olan metallerin başında yer alır (4,5,6). Kuzey yarımkürede biosferde, kurşun düzeyinin günlük 1000 tona kadar ulaştığı bildirilmiştir (7).

Kurşun organizmada hiçbir biyokimyasal ve fizyolojik görevi olmayan toksik bir metaldir ve çoğunlukla gümüş, bakır, çinko, antimon ve demir metalleri ile karışmış halde bulunur (7,8,9). Çalışma ortamında havada izin verilen kurşun konsantrasyonun 0,1 mg/m³'tür. Atmosfere metal veya bileşik olarak yayıldığından ve toksik özellik taşıdığından çevresel kirlilik yaratan en önemli ağır metaldir (10). Kolay çözünen kurşun bileşiklerinin toksisitesi daha yüksektir. Kurşun nitrat, kurşun fosfat, kurşun asetat ve kurşun klorür bileşikleri en toksik olanlarıdır. Kurşun, saf metal olarak organik ya da inorganik şekillerde bulunabilir (Tablo 1). Toksisiteye asıl neden olan inorganik formdur (4,6).

Tablo 1: İnorganik ve Organik Kurşun Formları (9)

Bileşikler	Alaşımlar	Kurşun Alkileri
Kurşun monoksit (PbO)	Kurşun antimon alaşımları, akümülatörlerde kullanılır	Kurşun Tetra Etil Pb(C ₂ H ₅) ₄ Kurşun Tetra Metil Pb(CH ₃) ₄ Kurşun Stearat Pb[CH ₃ (CH ₂) ₁₆ CO ₂] ₂
Kırmızı kurşun (Pb ₃ O ₄)		
Beyaz kurşun (PbCO ₃)		
Kurşun silikat (PbSiO ₃)		
Kurşun sülfür (PbS)		
Kurşun kromat (PbCrO ₄)		

Dünya Sağlık Örgütü'nün (WHO) dünya çapında yaptığı incelemelere göre büyük şehirlerdeki kurşun konsantrasyonunun havada 0,002-0,004 mg/m³ olmasına rağmen, kırsal kesimlerde bu miktar 0,0002 mg/m³ civarında olduğunu bildirmektedir. Günlük oral kurşun alımı Amerika'da ortalama 0,100 mg, bazı Avrupa ülkelerinde ise 0,030 mg'ın altındadır (7,9,11).

En önemli kurşun kontaminasyon kaynakları; benzine eklenmiş kurşun (Tetra Etil ve Tetra Metil), kurşun bazlı boyalar, matbaacılık (gazete, dergi gibi basılmış yazılı kağıtlar), ahşap ev eşyaları, kurşun lehimli konserve kutuları, seramik, porselen, kauçuk sanayi, oyuncak yapımı, kablo (saf metal olarak) ve kimyasal içerikli endüstriyel kirlenmedir (7,9,11,12,13). Günümüzde kurşunsuz benzin kullanımı ile atmosfere kurşun yayılımı azalmakla beraber kurşunsuz benzin bileşiminde bulunan kurşun birçok birincil metal üretim aşamasından atmosfere kurşun ve bileşiklerinin yayılımı devam etmektedir (10).

2.1.1.2. Kurşunun Vücuda Alınma Yolları ve Kurşun Metabolizması:

Yoğunlukları nedeniyle ağır metaller diye tanımlanan kurşun, alüminyum, krom, kalay, kadmiyum, titanyum, stronsiyum gibi metallerden oluşan 70 kadar element, hava, su ve besinlerle vücuda alınır.

Kurşuna maruz kalma solunum sistemi, sindirim sistemi ve deri yolu ile olmaktadır. Kurşun en çok kemik dokusu, karaciğer, böbrekte birikim yapar. Ayrıca kan-beyin bariyerini geçen toksik bir elementtir (4,11,14,15,16).

Kurşun atmosferde katı (toz ve özellikle PbO₂ partikülleri) ve gaz (Alkil Pb, egsoz gazlarından çıkar) halde bulunur (17). Endüstriyel öğütme işlemleri sırasında oluşan

tozlar ve kurşun içeren yakıtlar havadaki kurşunun önemli kaynaklarıdır. Çok küçük partiküler yapısı, burun ve solunum yollarındaki bariyerlere takılmadan alveoler ortama ulaşmasını sağlar. Atmosferdeki kurşunun % 90'ı akciğerler tarafından emilir ve emilen kurşunun % 90'ından fazlası da eritrositlerde toplanır. Bu sırada alveoler yüzeyler oksijene geçirgen olduğu kadar diğer toksik maddelere de geçirgen olduğundan toksikasyon riski oluşturduğu belirtilmektedir (9).

Havadaki kurşun konsantrasyonu ile kandaki kurşun konsantrasyonu arasında doğrusal bir ilişki olduğu belirlenmiştir (18).

Kandaki kurşun eritrositlere bağlanır ve biyolojik yarılanma ömrü 35 gündür. Goodman ve Gilman (19), günde alınan 2,5 mg'lık kurşunun 4 yılda, 3,5 mg'lık kurşunun ise aylarla ölçülebilecek kadar kısa sürede kurşun zehirlenmesine neden olduğunu ifade etmişlerdir. Genelde havadaki kurşun konsantrasyonu $0,001 \text{ mg/m}^3$ düzeyinde olduğunda kandaki kurşun oranının $0,01-0,02 \text{ } \mu\text{g/ml}$ 'ye yükseldiği belirlenmiştir (7).

Eser miktarda kurşun, sindirim sisteminden absorbe edilerek kanla dokulara iletilmektedir. İnorganik kurşun bileşikleri yetişkin gastrointestinal sistemden %10 veya daha az oranda absorbe edilmektedir. Çocuklarda ise bu oran %50 gibi yüksek bir değerdedir. Kurşun içeren boya ve malzemeler, boyalı oyuncak ve eşyalar hoşça giden bir tat vermeleri nedeni ile küçük çocuklar bunları ağızlarına almaya ve yutmaya eğilimlidirler. Kurşunun gastrointestinal sistemde emilimine, kurşun ile beraber kalsiyum, fosfor, demir, çinko ve bakırın bulunuşu, yaş ve kişinin fiziksel durumu gibi birçok faktör de etki etmektedir (6,8,9). Bununla beraber demir, çinko ve kalsiyum eksikliğinin gastrointestinal sistemdeki kurşun emilimini arttırdığı belirtilmektedir (20,21). Matousek ve Brodie (22), insanlarda solunum ve sindirim yolu ile alınan kurşun miktarını incelemiş ve solunum yoluyla absorbe edilen kurşun miktarının sindirim yoluyla absorbe edilenden 5 kat daha fazla olduğunu görmüşlerdir. Erişkinde kurşunun %90 gibi önemli bir bölümü iskelet sisteminde depolanır ve biyolojik yarılanma ömrü 20-30 yıl arasında değişebilir. Bununla birlikte çocuklarda kemikte biriken kurşun düzeyinin oldukça değişken olduğu tespit edilmiştir (6,8,23,24).

Kurşun ayrıca yumuşak dokularda da depolanır ve ortalama yarılanma ömrü 2 aydır. Beyin bir istisna teşkil eder, kurşun kan-beyin bariyerini yavaş geçer ve biyolojik yarı ömrü 1 yıldan fazladır. Bununla beraber astrosit birikimine yol açarak glutamat dengesine de etki eder (7,11,21,24). Vücuda giren kurşunun, akciğerlere kadar ulaştığı ve akciğerlerde yavaş yavaş emilerek kana karıştığı belirtilen çalışmada, maddenin kan yoluyla ulaştığı karaciğer,

böbrek, beyin ve kas gibi yumuşak dokularda 35-40 gün bekledikten sonra kurşun metabolitleri yardımıyla kemik ve diş gibi sert dokularda toplandığı ifade edilmektedir (16).

Kurşunun bir kısmı gastrointestinal sistemden atılır fakat esas atılım üriner sistemdir (%76).

Ayrıca düşük miktarda saç, tırnak ve ter ile de organizmadan atılmaktadır (7,8,11).

2.1.1.3. Kurşunun Vücuttaki Etkileri ve Kurşun Zehirlenmesi:

Kurşunun toksik etkileri akut ve kronik olarak sınıflandırılmış olsa da, bu iki kategori arasında keskin bir sınır yoktur. Akut kurşun toksikasyonu çok nadir gözlenir. Çoğunlukla toksikasyon sürekli kurşuna maruz kalınması ile artış gösterir. Akut toksikasyon, gastrointestinal sistemde daha etkilidir. En belirgin toksik etkiler çocuklarda ve fetüste izlenir. Akut kurşun maruziyeti karaciğer fonksiyonlarını da bozar fakat bu etki geri dönüşümlüdür (6).

Kronik olarak maruz kalındığında ise hiperürisemi ve kreatinin klirensinde azalma görülebilir, hipertansiyon ve gut ile de bir ilişki belirlenmiştir (25).

Kurşunun klinik önemi, kan hücreleri ve sinir sistemine olan kronik etkilerinden kaynaklanmaktadır. Kurşun, santral ve periferik sinir sistemini de etkiler ve ensefalopati ve/veya periferik nöropati şeklinde gözlemlenir. Erişkinlerde genelde mesleki maruziyet durumlarında kurşun nefropati, nöropati, kafa içi basınç artışı, konvülsiyon ve ölüme yol açabilmektedir. Klasik kurşun zehirlenmesinde anemi tipik semptomdur. (7,23,24,26).

Kurşun önemli bir enzim inhibitörüdür ve hücrelere geçen kurşun, selenyum ve sülfür içeren enzimlerin antioksidan etki göstermesini engellemektedir (9).

Gastrointestinal sistem semptomları; anoreksia, disfaji, konstipasyon, bazen ishal akut intoksikasyon kadar, kronik maruz kalınması ile birlikte oluşabilir. Kurşunun üreme sistemi üzerinde de toksik etkisi vardır. Erkeklerde mesleki kurşuna maruz kalma sonucunda hiperspermi, teratospermi, astenospermi ve hipogonadizm olabilmektedir (6,27).

Kurşun hakkındaki insan karsinogenezisi için çalışmalar yeterli değildir. Fakat karsinojenetik etkisi hayvan deneylerinde gösterilmiştir. Yüksek düzeyde kurşun içeren gıdalarla beslenen sıçanların böbreklerinde malign tümör oluşumu gözlenmiştir (6,11,28).

Dünya Sağlık Örgütü (WHO) sınıflandırmasına göre (1995) kurşun 2.sınıf kanserojen gruptadır (29).

Toprak ve toz yoluyla bulaşma da zehirlenmede önemli yer tutar. Kurşunun tetraetil ve tetrametil gibi bileşikleri akaryakıt katkı maddesi olarak geniş ölçüde kullanıldığından çevre ve hava kirliliği bakımından önem taşımaktadır Benzinin yanması ile beraber ortaya çıkan kurşun bileşikleri, kurşunun oksit, klorür, sülfat ve fosfat şekillerine dönüşerek atmosferdeki havaya karışmaktadır (7,23,30,31). Havadaki kurşun kirliliğinin ülkelerin motorlu araç sayısına göre değişim gösterdiği belirlenmiştir. Ülkemizde benzinde bulunan kurşun miktarı 1988 yılında 0,80 g/l iken, 1998’de 0,21 g/l’ye düşürülmüştür ve bu değerlerin 2009 yılına kadar 0,13 g/l’ye ve 2012 yılında ise tamamen kurşunsuz duruma getirilmesine karar verilmiştir (5). Son yıllarda kurşunsuz benzin kullanımına geçilmesi ile beraber havadaki kurşun konsantrasyonu azalma eğilimi göstermesine karşın yine de çocuklar ve hamileler için ciddi bir çevresel risk faktörüdür (14,15,46).

Kurşuna solunum yolu ile maruz kalmanın en etkili yollarından bir diğeri ise sigara içilmesidir (33). Browder ve arkadaşları (34) günde 17 tane sigara içimi sonucu vücudun 7,8 µg kurşuna maruz kaldığı ve bunun yaklaşık %40’ı olan 3,1 µg’nın vücutta kaldığını tespit etmişlerdir.

Yakın zamana kadar zararsız olarak düşünülen düşük doz kurşuna maruz kalınması ile beraber, büyüme ve nörodavranışsal büyüme üzerine kötü etkiler yaptığı gösterilmiştir (7,26,35).

Kurşun toksisitesinin belirlenmesinde kan ve doku kurşun seviyesinin tayini en geçerli yöntemdir (24,36). Kurşunsuz benzin kullanımının başlaması ile beraber B-Pb (kan kurşun konsantrasyonu) düzeyinde azalma gözlenmiştir (20,23,31). Kurşun zehirlenmelerinin belirtileri erişkinlerde birkaç hafta, çocuklarda ise, birkaç gün içinde ortaya çıkar ve etkileri daha şiddetlidir. Yapılan bir araştırmada 0-6 yaş grubu çocukların kurşun kirliliğinden yetişkinlere göre en az dört kat daha fazla etkilendikleri belirtilerek, kurşunun, işitme bozukluğuna, sinir iletim sisteminde ve hemoglobinin bileşiminde düşmeye, kansızlığa, mide ağrısına, böbrek ve beyin iltihaplanmasına, kısırlığa, kansere ve ölüme neden olduğu da vurgulanmaktadır (9,16,21). Kurşun zehirlenmelerinde önlem alınamaz ise, körlük, felç, hafıza kaybı, mental gecikme, kısırlık ve karaciğer yetmezliği hatta koma ve ölüm görülebilmektedir (9,37).

2.1.2. Çinko Metabolizması ve Sağlık Üzerine Etkileri:

2.1.2.1. Çinkonun Vücuda Alınma Yolları ve Çinko Metabolizması:

Çinko esansiyel elementler içinde demirden sonraki en önemli metal olup, çinko ile ilgili çeşitli hastalıkların tanımlanması da canlıların beslenmesinde çinkonun önemini arttırmıştır (38,39). Uzun yıllar çinkonun beslenmeye etkisi araştırılarak organizmada esansiyel bir element olduğu ve aşırı dozlarda toksik etkisi olmasına karşın tüm hücrelerde büyüme ve replikasyon için gerekli olduğu bildirilmiştir (40,41,42).

Çinkonun en önemli olan ve en çok incelenen fonksiyonu enzim sistemleri üzerine olan etkileridir. Karbonik anhidraz, alkali fosfataz, glutamat, alkol dehidrogenaz gibi yaklaşık iki yüze yakın enzim çinko içermekte, bunların bir çoğu bitkilerde ve hayvanlarda da yer almaktadır (40,41,43). DNA ve RNA üretiminde etkili olan DNA ve RNA polimeraz enzimlerinde, çinko düzenleyici görevler üstlenir. Çinko, DNA ve RNA ile ilişkili olabilen makromoleküllerin fiziksel ve kimyasal özelliklerini etkiler. DNA'nın spesifik kısımlarına bağlanan çinko, parmak proteinlerin (zinc finger proteins) konformasyonu ve DNA'ya bağlanabilmeleri için gereklidir. Bu bağlanma gen regülasyonunda görev alan spesifik gen transkripsiyonunu artırır (44,45,46). Fizyolojik miktarlardaki çinkonun kadmiyum, civa, kurşun ve kalay gibi diğer ağır metal iyonlarının zehirleyici etkilerini azalttığı belirlenmiştir (47,48).

2.1.2.2. Çinkonun Vücuttaki Etkileri ve Çinko Toksisitesi:

Çinko, her organ sistemi için gerekli bir element olup, özellikle karaciğer, kemik, böbrek, prostat ve beyinde yüksek oranda bulunmaktadır (41,49).

Diyetle alınan çinkonun ancak %15-30'u oniki parmak barsağında ve proksimal jejunumda absorbe edilmekte, bu miktarın sadece %50'si ince barsakta absorbe edilmektedir. Bazı çalışmalarda (39,41) çinko absorpsiyonunun yaklaşık %25'nin ise taşıyıcılı transport sistemiyle olduğu gösterilmiştir. Çinko, kan plazmasında çoğunlukla albumine (%60-70) ve α -2 makroglobine (%30-40) bağlı olarak, küçük bir miktarda transfferin ve serbest amino asitler ile taşınır (39,48,50,51). Yaklaşık olarak çinkonun 2/3'ü serum veya plazmada proteinlere gevşek bağlanmış olmasına karşın, geri kalan bölümü çok sıkı bağlanmaktadır (52). Proteine bağlanan çinkonun %30-40'ı karaciğerden atılır ve hemen ardından kan dolaşımına girip, kandaki çinkonun bir bölümü de karaciğerde, böbreklerde, kaslarda, prostat ve pankreasta depo edilmektedir (41). Diyetle alınan çinkonun sadece küçük bir kısmı emilmekte, ekzokrin pankreatik sekresyon, gastrointestinal ve mukozal çinko sekresyonu,

terle kayıplar genellikle çok az olmakta; yaklaşık %10 idrar, saç ve tırnak ile absorbe edilmeyen kısmı ise feçes şeklinde atılmaktadır (39,41,47,50,51).

Çinkonun element halinde zehirli olmadığı, başlıca toksisitesinin çözünebilir tuzlarından kaynaklandığı ve çinko tuzlarının sindirilmesi ile beraber mukozada tahrişe neden olduğu bildirilmiştir (39,52,53). Çinko tuzlarının toksikliği çinkodan daha fazla, yapısında bulunan kromatin (ZnCrO_4) yüksek zehirleyici ve kanserojen özelliği Zn^{+2} yüzünden değil anyonik (CrO_4)-² bileşenin etkisi ile olduğu belirtilmektedir. Uzun süre çinko oksit (ZnO) buharı soluyanlarda havada maksimum kabul edilebilir (MAK) çinko konsantrasyon sınırı 5 mg/m^3 olarak belirlenmiştir. “Çinko Ateşi” olarak adlandırılan rahatsızlıklar ortaya çıkar ve semptomlar herhangi bir yan etki bırakmadan birkaç gün içinde kendiliğinden kaybolur. Akut zehirlenme semptomları sindirimde sıkıntı, ishal, mide bulantısı ve karın ağrısı şeklinde ortaya çıkar. Çalışma yerlerinde toz olarak havada izin verilen değerler; MAK 5 mg/m^3 ile 40 saatlik hafta veya 8 saatlik normal çalışma süresinde izin verilebilir zaman ağırlıklı ortalama konsantrasyon (TLV-TLW) 10 mg/m^3 ve çinko oksit (ZnO) dumanı için verilen değerler ise (TLV-TLW) 5 mg/m^3 ile kısa süreli maruz kalma sınırının (TLV-STEL) 10 mg/m^3 olduğu belirlenmiştir (47,48).

2.1.3. Bakır Metabolizması ve Sağlık Üzerine Etkileri:

2.1.3.1. Bakırın Doğada Bulunuşu:

Bakır genel kimyasal özelliklerinden dolayı doğaya yayılımı açısından “hava sever” (atmofil) grupta yer almasına rağmen, havada bulunan bakır konsantrasyonu, üretim yapan sanayi birimine uzaklığına bağlıdır. Bakır “kaya sever” (Lithofil) elementler gibi suda çözünerek geniş bir alana dağılabilir bu nedenle de çevresel açıdan iki grubun arasında değerlendirilir. Atmosfere yayılan bakırın ancak %1’i biyolojik kullanılabilir iyon halinde kalırken diğer kısım sedimente olur (54). Tarımsal kesimlerde havadaki ortalama bakır konsantrasyonu $0,005\text{-}0,05 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ olduğu belirlenmiştir (55).

2.1.3.2. Bakırın Vücuda Alınma Yolları ve Bakır Metabolizması:

İnsan vücudunda yaklaşık 100-150 gr kadar bulunan bakır önemli bir esansiyel eser elementtir. Başlıca karaciğer olmak üzere kalp, beyin ve böbreklerde yüksek miktarda, geri kalan kısmı ise eritrositlerde ve plazmada dağılmış bir şekilde bulunmaktadır (35,56,57,58).

Hücreleri lipid peroksidasyonundan koruyan enzimlerden, başta süperoksit dismutaz (SOD) olmak üzere, tirozinaz, lisil oksidaz, dopamin β -hidroksilaz gibi birçok enzimin yapısında da bulunur. Bakırın plazmada taşınmasında rol oynayan seruloplazminin yapısında da bakır bulunmaktadır. Hemoglobin sentezinin değişik evrelerinde bakır kullanılmaktadır. Kemik yapısının sağlamlığında oldukça etkilidir. Tiroid hormonlarından T3'ün T4 haline dönüşümünü gerçekleştirir. Bakır, vücut tarafından zor absorbe edilebilir, besinlerdeki bakırın ancak %5'i vücut tarafından geri emilebilir (56,57).

Farklı kan hücrelerinin ve sistemlerin bakır eksikliğinden etkilenmesi sonucu savunma sistemi zarar görür. Bu da enfeksiyonlara eğilme ve yakalanılan enfeksiyonların ağır seyretmesine yol açar (56,57,59). Orta düzeyde bakır eksikliğinde ise; anemi, nötropeni, osteoporez, şeker düzeyinde azalma, hiperkolesterolemi, artrit, miyokardiyal düzensizlikler, kalp aritmisi ve sinir sisteminde bozukluklar gibi semptomların oluştuğu bildirilmektedir (60).

2.1.3.3. Bakırın Vücuttaki Etkileri ve Bakır Toksisitesi:

Vücuttaki bakır güçlükle atılır ve sürekli olarak birikme eğiliminde olan bir elementtir, özellikle iyon şeklinde daha zararlı etkileri vardır. Az miktarda bakırın uzun süre kullanılması, birikme sonucu kronik zehirlenmelere yol açabilir. Bakır birçok metalloenzim için gerekir buna karşın fazla alınması ile beraberinde akut gastrointestinal semptomlar görülmektedir (59).

Bakır iyonları, kanın organik molekülleri ile birleşmek sureti ile bu moleküllerin fizyolojik görevlerini engeller bununla beraber yüksek yoğunlukta iritan ve nekroz yapıcı etkiye de sahiptir. Emilimi ile beraberinde kalp ve vasküler sisteme yönelik bozukluklar gözlenmiştir. Karaciğerde yüksek yoğunlukta birikmesi sonucu organda akut atrofi oluşumu bildirilmiştir. Mesleği gereği bakır dumanına ya da metalin tozuna maruz kalanlarda ise solunum zorlaşabilir (59,61). Bakır iyonları fazlalığında mitokondri ana hedeftir ve mitokondri membranında oksidatif hasar, trikarboksilik asid siklusu ve enzimlerin de etkisi ile enerji metabolizmasında toksik etkileri belirlenmiştir. Bununla beraber bu etkilerin mitokondri ya da doku hasarı üzerindeki etkileri tam olarak açıklanamamıştır (62,63).

Bakırın fazlalığından oluşan sorunlar bakır eksikliğine oranla daha sık ortaya çıkmakta, özellikle çinko düzeyinin düşük olması ile birlikte görülmektedir. Anksiyete, depresyon,

hafıza zayıflığı, konsantrasyon bozukluğu, iştahsızlık, şizofreni, epilepsi, otizm gibi rahatsızlıklar, kadınlarda hamilelik ve doğum sonrası psikozu, eklem, kas ağrıları, yaşlılık sorunları, kekemelik ve çocuklarda hiperaktivite bakır fazlalığı ile beraber görülmektedir (64,65).

Akut bakır zehirlenmesi seyrek olarak gözlenmiştir, genellikle yiyecek ve içeceklere kazayla bakır ihtiva eden maddelerin karışmasıyla veya kasıtlı olarak bakır tuzlarının yutulması sonucu toksikasyon olduğu belirtilmektedir ve “bakır çalığı” olarak bilinmektedir (66). İş yerlerindeki havadaki bakır tozları için eşik limit değerleri (TLV) ve MAK 1 mg/m^3 ’dür. Akut bakır zehirlenmesinde gözlenen belirtiler tükürük salgılamının artması, mide ağrıları, bulantı, ishal gibi sindirim sistemi mukozasının tahriş olması ile sonuçlanabilir (47,48).

2.1.4. Demir Metabolizması ve Sağlık Üzerine Etkileri:

2.1.4.1. Demirin Doğada Bulunuşu:

Demir, redoks özellikleri ve canlı hücrelerdeki taşıma fonksiyonları ile katalitik sayıları koordinasyon kimyasına uygun, yaşam için vazgeçilmez bir eser elementtir (67). Eser elementler arasında en çok araştırma yapılan ve etkileri en iyi bilinen elementlerdendir, doğada (+2) ve (+3) değerlikte bulunmaktadır. Örneğin; demir, havada oksijenle demir oksit oluşturacak biçimde bileşir. Oldukça kararsız olan bu bileşiğin demir (III) oksit denilen ferrik oksite (Fe_2O_3) dönüşme eğilimi vardır. Demir hidroklorik asit (HCl) ile birleşince, susuz halde beyaz renkli, dört hidrojenli haldeyse yeşil renkli ferro klorür (FeCl_2) oluşur (68).

Açık havada çözülmüş olarak bulunan demir elementinin akışı, demir-oksit ve sülfür bileşenlerinin akışından daha yüksektir çünkü oksit ve sülfür formlarının çözünürlüğü element halinde bulunan demirden daha düşüktür (69). Demir ve bileşenleri atmosferde kirlетici özellik taşımaktadır, ayrıca canlılar üzerinde de sağlığa zararlı etkiler oluşturduğu belirtilmektedir. Açık havada demir düzeyinin belirlenmesi amacı ile yapılan bir çalışmada ortalama demir düzeyinin $0,0016 \text{ mg/m}^3$ olduğu tespit edilmiştir. Çevrede yer alan demir ve çelik endüstrisinin havadaki demir emisyonunda etkili olduğu gözlenmiştir. Demir emisyonu sonucu oluşan kirlenmenin engellenmesi amacı ile havada farklı büyüklükteki partiküllerin absorbe edilmesi amacı ile partikül tutucu filtrelerin kullanımı uygun görülmektedir (70,71).

2.1.4.2. Demirin Vücuda Alınma Yolları ve Demir Metabolizması:

İnsan vücudunda bulunan demir miktarı yaklaşık 4-5 gr kadardır bunun %65 kadarı (2,5 gr) kandaki eritrositlerde hemoglobin olarak, %7-8 kadarı da kaslarda miyogloblin olarak katalaz, peroksidaz gibi sitokrom enzim sistemlerinde aktif haldedir, %1'i çeşitli hem bileşiklerine, %1'i ise plazmada transferrine bağlı olarak bulunur. Geri kalan %15-30 kadarı ise ferritin halinde retikuloendotelial sistem ve karaciğer parankim hücrelerinde (hepatosit) depo edilir (58,72,73).

Demir vücudumuzda hemoglobin, doku demiri, miyogloblin ve değişken demir havuzu gibi çok farklı kompartmanlarda dağılır. Normalde hemoglobindeki demirin hemen hemen tamamı eritrositlerin içinde veya bu hücrelerin kemik iliğindeki öncüllerinde yer almaktadır ve vücudumuz için hayati önemi olan oksijeni taşımaktadır. Myogloblin yapımında da rol oynayarak kaslarda kısa süreli oksijen depolanmasını sağlar (35,39,58,59,72,74).

Mide salgısının düşük pH'sı, C vitamini sülfidril grupları ve diğer indirgeyici maddeler besinlerdeki (+3) değerlikli demiri (+2) değerli demire indirgeyerek midede demir emilimini gerçekleştirir. Demirin büyük bir bölümü ince bağırsağın üst kısmından emilir. Pankreastan salınan sodyum bikarbonat (NaHCO_3) duodenumda asit pH nötrleştirir ve (+2) değerli demir (+3) değerli demire dönüşür. Bu (+3) değerli demir bağırsak epitel hücrelerinde (+2) değerli demire indirgenir. Bağırsak epitel hücrelerinde, hücre içi demir taşıyıcı bulunur ve demirin bir bölümü, taşıyıcıdan mitokondrilere gider, geri kalan bölümü ise bağırsak epitel hücrelerindeki apo-ferritin ile kanda demir taşıyan bir polipeptid olan transferrine gider. Fakat plazmadaki (+2) değerlikteki demirin, (+3) değerli demire oksitlenmesi demirin, transferrin ile birleşebilmesi için ferrokinaz ve seruloplazmin gerekmektedir. Apoferritin demir ile birleşerek ferritini yapmaktadır (73,74,75,76).

Bağırsak epitel hücrelerinde, ferritin artışı, demir emilimini yavaşlatır, depolarda yeterli demirin bulunduğunu açıklar ve vücuda aşırı demir alınmasını engeller, hücreleri toksik etkiden korur. Demir emilimi yavaştır, emilimi organizmadaki demir gereksinimini ifade eder. Buna karşın vücutta demir depoları boşaldığında, alyuvar oluşumu arttığında ve anemi durumunda da demir emilimi artar (74,75,77).

Demir enerji üretimi ve protein metabolizmasına etkili birçok enzimin yapısına katılmaktadır. Katalaz ve peroksidaz enzimler içerisinde en önemli olanlardır.

Demirin vücuttaki diğer bir görevinde antioksidasyondur, yani zararlı veya toksik olabilecek maddeleri zararsız hale dönüştürülmesini sağlamaktadır (74,77).

Vücutta başlıca demir depo edilen yerler, karaciğer, dalak, bağırsak mukozası ve kemik iliğidir. Bunları böbrek, kalp, iskelet kasları ve beyin izler. Depo edilen moleküllerinin en önemli şekli ise ferritindir (53,73,74).

Demir başlıca bağırsaklardan atılır ve hergün feçes ile atılan demir miktarı yaklaşık 1 mg kadardır. Kanama durumunda kaybedilen demir miktarı artar, özellikle bayanlarda menstruasyon, gebelik, doğum ve laktasyon nedeni ile demir kaybı artış göstermektedir (71,73).

2.1.4.3. Demirin Vücuttaki Etkileri ve Demir Toksisitesi:

Demir eser elementi plazmada yüksek konsantrasyonda bulunduğunda, çeşitli dokularda birikim yapabilen bir elementtir. Bu birikim ise dokuların fizyolojik fonksiyonlarında bozulmalara neden olur. Plazmadaki serbest demirin hücre membranları üzerinde doğrudan ya da dolaylı olarak oksidatif stres etkisi bulunmaktadır. Serbest demir vücutta çok az bile bulunsa oldukça toksik etkisi vardır (35,74,76). Demir toksikasyonunda mitokondri hedef hücredir. Oksidatif mitokondrial hasar, trikarboksilik asid sirkülasyonunda enzimlerin etkisi ve enerji metabolizmasının oluşturabileceği toksikasyonun belirteçidir. Mitokondrideki etkiler birinci derecede gözlenmesine karşın dokularda oluşan etkileri henüz yeterince aydınlatılamamıştır (67,76).

İnsanda demir eksikliğiyle veya demir metabolizmasında bozukluklarla ilişkili olan birçok hastalık bilinmektedir. Klinik açıdan demir fazlalığı sonucunda halsizlik, iştahsızlık, kilo kaybı, baş ağrısı, mide bulantısı, abdominal ağrı, kusma gibi şikayetler, deride biriken hemosiderin sonucunda oluşan kızıl-kahve rengi renk, karaciğerde siroza kadar ilerleyebilen değişiklikler ve kalp kasında depolanan demir nedeniyle, çalışmasında problemler ortaya çıkabilir. Bununla beraber anemi, kardiyovasküler hastalıklar, kronik hepatit, böbrek hastalığının son evresi, HIV enfeksiyonlarla demir metabolizmasındaki değişimin ilişkisi gösterilmiştir (35,59,64,74).

Demir iyonu santral sinir sisteminde önemli rolü olan bazı enzimlerde, özellikle tirozin hidroksilaz, monoamin oksidaz ve fenilalanin hidroksilaz olmak üzere anahtar rol oynamaktadır (71). Demirin yüksek düzeyleri süperoksit iyon serbest radikal düzensizliğine

yol açmaktadır, katekolaminlerin oksidasyonunu ve lipid metabolizmasını bozmaktadır. Beyin serbest radikallere özellikle duyarlıdır. Çünkü membran lipidleri yüksek oranda doymamış yağ asitlerinden oluşmaktadır, beyinde antioksidan katalaz, süperoksit dismutaz (SOD) ve glutatyon peroksidaz (GSH-P_x) düşük düzeylerde bulunmaktadır, beyin dokusu demirden oldukça zengindir. Demir birikiminin beyindeki miktarı tahmin edilebileceğinden oldukça fazladır, bu miktar karaciğerdekinin %30'u kadardır. Yüksek demir doku düzeyleri koroid plexus ve ekstrapiramidal dokularda gösterilmiştir. Ancak bununla psikiyatrik semptomlar arasında bir bağlantı henüz kurulmamıştır (78).

Demir atılımı için hücre ölümü veya gizli kan kaybı dışında ana mekanizma olmadığından demir tedavisinde daima aşırı demir birikimi olasılığı vardır. Kronik kan transfüzyonları da demir birikimine neden olur. Demir aşırılığı ile ilgili durumlar; hemosiderozis, hemokromatozis ve sideroblastik anemi olarak belirtilmektedir (35,74).

Hemosiderozis: Doku hasarı olmaksızın görülen demir aşırılığı olarak tanımlanır.

Hemokromatozis: Hemokromatoz, çeşitli organlarda aşırı miktarda demir birikimi ile oluşan, bu organlarda fibroze yol açarak, bu organların fonksiyonel yetmezliği ile sonlanan bir hastalıktır (35,74,79). Tanı konulduğu sırada kişilerde (%80) halsizlik en sık izlenen semptomdur. Hemokromatozun klinik kanıtları bulunan (deride bronzlaşma, hepatosplenomegali, serum ferritin düzeyi ve transferrin saturasyon indexi yüksekliği, şelatör ajanla pozitif üriner değişiklik) ve daha önce demir metabolizma bozukluğu gösterilmemiş yedi hastada anksiyete, depresyon, obsesif kompulsif bozukluk ve panik ataklar oluştuğu bildirilmiştir (71).

2.1.5. Kadmiyum Metabolizması ve Sağlık Üzerine Etkileri:

2.1.5.1. Kadmiyumun Doğada Bulunuşu:

Kadmiyum doğada kurşun ve çinko maden filizleri ile karışmış halde bulunan toksik bir elementtir. Kadmiyum yer kabuğu üzerinde geniş bir yayılıma sahip olup, ortalama konsantrasyonu 0,1 mg/kg civarındadır (80,81). Atmosfere kadmiyum salınışının ana kaynağını ise volkanik aktivite oluşturmaktadır. Kesin ölçümü yapmak olanaksız olsa da volkanik aktivitenin açığa çıkardığı kadmiyum miktarının 100-500 ton arasında olduğu tahmin edilmektedir. Derin denizlerdeki volkanik hareketler de doğal kadmiyum kaynaklarından birini oluşturmaktadır (82).

Kadmiyum çevresel ve endüstriyel kirlenmenin en önemli toksik elementi olarak tanımlanmaktadır. Endüstriyel kullanımının artması çevresel kadmiyum oranını da benzer şekilde arttırmaktadır Doğal kaynakların yanı sıra hava, toprak ve suyun kadmiyum ile kirlenmesinde insan faktörü önemli rol oynamaktadır. Bu, iki temel yol ile olmaktadır; kadmiyum üretimi ve kadmiyum içeren atıklar (80,83,84).

Kadmiyum endüstride başlıca; nikel-kadmiyum (Ni-Cd) pillerin yapımı, boya sanayi, çelik üzerine kaplama, lehim, fotoğraf filmlerinin yapımı, tarım ilaçları ve böcek ilaçlarının üretilmesi, plastik sanayinde sabitleştirici, kadmiyum sülfid olarak cam, seramik sanayinde ve dericilikte, PVC stabilizatörü olarak, alaşımlarda ve elektronik sanayinde sıklıkla kullanılmaktadır. Kurşun ve bakırın saflaştırılması sırasında açığa çıkan kadmiyumun da önemli miktarlarda olduğu görülmüştür (10,80,83,84,85,86,87).

Günümüzde kadmiyuma maksimum derecede maruz kalınmasına yol açan kaynaklardan birisi de Ni-Cd pillerin yapımıdır. Çöpe atılarak bozulan ve gövdesinde akıntı meydana gelen pillerin içeriğinde civa, kadmiyum ve kurşun bulunduğu belirtilmiştir. Toksikasyon etkileri çok fazla olan bu ağır metallerin kansere, nörolojik bozukluklara, akciğer hastalıklarına, beyinde iltihap oluşumuna ve kısırlığa yol açtığı belirlenmiştir (16,65,84,88). Yapılan araştırmalar sonucunda, pillerin çöp depo sahasında bozularak kadmiyum ve bileşiklerinin serbest hale geçtiği ve suya karıştığıda tespit edilmiştir. Pil imalathanelerinin civarında bulunan havadaki kadmiyum yoğunluğu 4-5 mg/m³ gibi yüksek düzeylere ulaştığı belirlenmiştir (89).

2.1.5.2. Kadmiyumun Vücuda Alınma Yolları ve Kadmiyum Metabolizması:

Kadmiyumun vücuda alımı, genellikle kadmiyum endüstrisinde çalışma mesleki maruz kalma solunum ile beraber bitkilerle, hayvansal ürünlerle ve su yolu ile olabilmektedir (83,90,91). Mesleki maruz kalınma sonucu solunum ve sindirim sisteminde zarar gözlemlenir. Kadmiyuma solunum yolu ile maruz kalan işçiler üzerinde yapılan bir çalışmada havada 0,01-0,05 mg/m³ bulunması ve çalışma süresince 10 m³ hava solunması durumunda bir işçinin günlük kadmiyum alımı 0,10-0,50 mg olarak kabul edilmiştir (92).

İnsan yaşamını etkileyen önemli kadmiyum kaynakları; sigara dumanı, rafine edilmiş yiyecek maddeleri, su boruları, kahve, çay, kömür yakılması, kabuklu deniz ürünleri, tohum aşamasında kullanılan gübreler ve endüstriyel üretim aşamalarında oluşan baca gazlarıdır (10,18). Sigara içmeyenlerde kadmiyum maruz kalma genellikle gıda ile alıma bağlıdır.

Gıdalar ile alınan kadmiyum miktarı ortalama 10-25 µg kadardır, ancak çevresel kadmiyum oranları ile değişiklik gösterebilir. Örneğin, Japonya’da gıda ile alınan kadmiyum miktarı günlük 28 µg/gün iken, Çin’de bu oran 9,9 µg/gün, Almanya’da ise 9-10 µg/gün kadardır (93,94).

Kadmiyuma maruz kalmada etkili kaynakların başında ise sigara içimi gelmektedir. Bir sigara yaklaşık 0,001 mg kadmiyum içerir ve bir paket sigara içimi 2-4 µg kadmiyum solunmasına neden olur bununla beraber içilen sigaranın kadmiyum absorpsiyonu akciğerlerde %10-50 arasında değişirken, sindirim sisteminde ise absorpsiyon daha azdır. Bununla beraber sigaranın yanması sonucu kadmiyum-oksit formuna dönüşümü ile beraber canlıların hemen hemen bütün organellerinde %50 oranında absorbe edildiği belirlenmiştir (94,95). Sigara içenlerde kanda kadmiyum konsantrasyonu (B-Cd) içmeyenlere göre 4-5 kat daha fazladır (85,91,96). Türkiye’de erkeklerin %74’ü ve kadınların yaklaşık %29’u sigara içimi ile alınan kadmiyum miktarının, bağırsak ve solunum yolu ile alınandan daha yüksek olduğu ileri sürülmüştür (97).

Oda havasında ve açık havada günlük 15 m³ hava solunması ile bir erişkinin atmosferden aldığı kadmiyum miktarı ise 0,15 µg/gün’dür. Fakat bunun yaklaşık 0.04 µg/gün kadarı absorbe edilmektedir (98). Atmosferden akciğere gelen toksik elementlerin ortalama tanecik büyüklüğünün, 2-3 µm’dan daha küçük olduğu ve havadaki kadmiyum konsantrasyonunun ise 6x10⁻⁵ mg/m³ olarak bulunmuştur (95). Çalışma alanlarındaki kontaminasyonda, havadaki kadmiyum seviyesi 0,001 mg/m³ olarak bulunmuştur. Kırsal ve endüstri bölgelerinde yaşayanlara göre değişkenlik gösteren insan popülasyonu günlük olarak yaklaşık 0,001-0,030 mg kadmiyum almaktadır. Bayanların erkeklere oranla günlük enerji ihtiyacı daha az olduğundan, daha düşük oranda kadmiyum aldığı bildirilmiştir (85,91). Yaşı ilerlemiş kişilerdeki kadmiyum birikimi çocuklara oranla daha fazladır (33).

Absorbe edilen kadmiyum, büyük bir oranda vücutta birikme özelliğine sahiptir. Kadmiyumun biyolojik yarılanma süresi vücutta 10-30 yıl arasında değişim gösterirken, her dokudaki yarılanma ömrü farklıdır (Tablo 2) (84).

Tablo 2: İnsan vücudundaki kadmiyumun yarılanma ömrü.

Karaciğer dokusunda:	Böbrekte:	Kanda:
4-19 yıl	15-40 yıl	2,5 aydır

Bunun yanı sıra kadmiyuma maruz kalan işçiler ile doğal kadmiyuma maruz kalan işçiler arasında kadmiyumun biyolojik yarılanma sürecinde farklılıklar tespit edilmiştir (88,92,96). Kadmiyumun vücuttaki yarılanma ömrünün değişimi üzerine yapılmış olan bir araştırmada içme suyu veya gıda zinciri ile alınan kadmiyumun %2'sinin vücutta birikirken, solunum yoluyla gelen kadmiyumun ise %10-50'sinin vücutta tutulduğuna dikkat çekilmiştir (16). Yapılan çalışmalarda solunumla alınan kadmiyumun %5-20'sinin akciğerlerde depolandığı ve özellikle oksit bileşiklerinin daha etkili olduğu görülmüştür (80,84,96).

Kanda kadmiyum, lökositlere, eritrositlerden 10 kat daha fazla bağlanır. Ancak dolaşımdaki eritrosit sayısının lökositlere oranla çok daha fazla olması nedeniyle, kan kadmiyumunun büyük bölümü eritrositlerde bulunmaktadır (99).

Demir düzeyi ile kadmiyumun emilimi ve tutulması arasındaki ilişki ise ters orantılıdır. Demir eksikliği olan insanlarda kadmiyum emiliminin arttığı gösterilmiştir (100,101). Kadmiyumun cilt yolu ile alımı sınırlıdır ve cilde temas ettiğinde 5 saatlik süre içerisinde %1,8'inin cilde tamamen alınabildiği ileri sürülmüştür (102).

İdrar ve dışkı ile atılımın yanında saç, tırnak ve deri yoluyla da kadmiyum atılımına rastlanır. İdrar ile kadmiyum atılımı; vücut yükü, kısa süre önce kadmiyuma maruz kalma ve renal hasarın var olması ile yakından ilgilidir. Renal hasar sonucu idrar ile birlikte kadmiyum atılımının arttığı belirtilmiştir. Kadmiyumun anne sütü ile de atılımı mevcuttur, ama biyolojik yarı ömrünü etkileyecek düzeyde bir önemi yoktur (103).

2.1.5.3. Kadmiyumun Vücuttaki Etkileri ve Kadmiyum Zehirlenmesi:

Kadmiyuma maruz kalma süresine bağlı olarak oluşan akut ve kronik toksisitesinin insan organizmasına başlıca etkileri, WHO tarafından, Tablo 3'de gösterildiği şekilde bildirilmiştir (104).

Akut maruz kalmada en çok etkilenen bölgeler akciğer, testis ve karaciğerlerdir. Akut zehirlenmede daha çok oksit bileşiklerin solunması gerçekleştiğinden, üst solunum yolları ve hedef organ olan akciğerler en çok hasara maruz kalır.

Tablo 3: İnsanda Kadmiyum Toksisitesinin Başlıca Etkileri (104)

KRONİK KADMIYUM TOKSİSİTESİNİN	AKUT KADMIYUM TOKSİSİTESİNİN
<u>Endüstride solunumla maruz kalmanın etkileri:</u> ❖ Anemi, ❖ Renal tubuler disfonksiyon ve renal taşlar, ❖ Kalsiyum metabolizması bozuklukları; kemik lezyonları ve ağrıları, ❖ Solunum sisteminin hasarı (burun, farinks, larinksin kronik inflamasyonu ve anosmi, ❖ Hipertansiyon ve kardiyovasküler hastalıklar, ❖ Sinir sistemi semptomları (baş ağrısı, baş dönmesi, uyku bozuklukları, tremor, parestezi, kramplar), ❖ İştahsızlık, kilo kaybı, yorgunluk, ❖ Prostat ve akciğer kanserleri. <u>Genel çevreden oral yolla maruz kalmanın etkileri:</u> ❖ Anemi, ❖ Renal tubuler disfonksiyon, ❖ Kalsiyum metabolizması bozuklukları ve kemikte hasarlar (osteomalazi, osteoporoz), ❖ Hipertansiyon ve kardiyovasküler hastalıklar	<u>Solunumla maruz kalmanın etkileri:</u> ❖ Akut pnömoni ve pulmoner ödeme bağlı akut solunum yetmezliği. <u>Oral maruz kalmanın etkileri:</u> ❖ Akut gastroenterit: Hızla başlayan şiddetli bulantı ve kusma, karın ağrısı, ishal. <u>Diğer Etkileri:</u> ❖ Endüstriyel ve çevresel olarak maruz kalanlarda kromozomal bozuklukların ❖ prevalansının arttığı gözlenmesine rağmen ❖ mutajenik etkisi olup olmadığı henüz netlik kazanmamıştır. ❖ Plasentaya toksik etkili olup, fetusun büyümesinde gerilik ve düşük doğum ağırlığına sebep olur.

Akut olarak yüksek dozda kadmiyuma maruz kalındığında ölüm ile sonuçlanabilen akut kimyasal pnömoniye neden olabilir (101,105,106). İritasyonla başlayıp ölüme kadar giden toksik etkiler alınan doza, yaşa ve cinsiyete bağlı olarak değiştiği görülmüştür (84,107). Akut zehirlenmelerde gastrointestinal sistemi etkileyen belirtiler ile baş ağrısı sıklıkla görülür (96,108).

Kadmiyumun kronik alınmasında en çok etkilenen böbreklerde fonksiyon bozukluğu bununla beraber karaciğer hasarı, akciğer yetmezliği ile dolaşım, üreme sistemi bozuklukları ve kardiyovasküler sistemde düzensizlikler saptanmıştır (84,109). Kronik kadmiyumun solunum sistemi üzerine etkileri, akut-kadmiyum etkisinden daha şiddetli sonuçlara yol açmaktadır. Sigara tiryakilerinde kronik obstrüktif (KOAH), akciğerde apopitoza ve serbest oksijen radikallerinde artışa yol açtığı belirtilmiştir (110,111). Kadmiyumun vücuttaki dağılımı, kadmiyumun alınış yolu, dozu ve süresi ile değişim göstermektedir. Böbrek ve karaciğerler kadmiyumun birikmesinde rol oynayan birincil organlardır. Bu organlardaki biriken kadmiyum miktarı vücuttaki kadmiyumun %50 kadarını oluşturur (88,96). Bununla beraber bu organlar kadmiyum toksisitesinin ana hedefidir, çünkü kadmiyum yapısında sülfidril grupları ve tiyolat anyonları taşıyan dokuların ana hedefidir (95,112). Kadmiyuma maruz bırakılan hayvanlarda da en yüksek kadmiyumun genellikle karaciğer ve böbrekte bulunduğu saptanmıştır. Kadmiyum hayvanların böbrek ve karaciğerlerinde depo edilir bu nedenle sakatatların yüksek dozda kadmiyum içerdiği bulunmuştur (94).

Kadmiyumun nefrotoksik etkisi üzerine yapılan çalışmalar sonucunda kadmiyumun karaciğerde de yüksek oranda birikmesi ile hepatoksik etkilerinin saptanması oldukça önem kazanmıştır (113). Yapılan çalışmalarda çevresel olarak kadmiyuma maruz kalındığında, kadmiyum ile ilişkili karaciğer enzim yüksekliği veya serum albumin düzeyinde düşüklük saptanmamıştır (114). Karmakar ve arkadaşlarının (115), yapmış olduğu diğer bir çalışmada kadmiyumun, karaciğerde hücrel yapıda ışık ve elektron mikroskopik görünümünde değişikliklere yol açtığı ve sub-kronik hepatik nekroza neden olduğu gösterilmiştir.

Kadmiyum spermilerin motilitesinde ve spermatogenez indeksinde azalmaya neden olmaktadır (116). Dişi cinsler üzerinde yapılan deneysel çalışmalarda ovulasyona yakın zamanda kadmiyum verilmesinin ovulasyonu inhibe ettiği gösterilmiştir (117). Bununla beraber kadmiyumun, folikül stimüle edici hormon (FSH) ve cAMP-stimüle progesteron birikimini engellediği belirlenmiştir (101,118).

Hamile bayanlarda kadmiyuma maruz kalınması ile düşük yüzdesi, ciddi artış göstermiştir (119).

Kadmiyum zararlı etkileri göz önünde bulundurularak IARC (Ulusal Kanseri Araştırma Örgütü) tarafından birinci derecede karsinojen olarak tanımlanmıştır. Kadmiyum hangi yolla alınır alınırsa alınırsın –genital damarlar üzerinde toksik etkisi olduğundan testisler için de karsinojen etkisi olduğu bildirilmiştir, buna karşın kadmiyuma maruz kalma ile beraberinde oluşacak akciğer kanseri arasındaki bağlantı tam olarak aydınlatılabilmemiş değildir (33,91,96,107). Kadmiyum karsinogeneğinde diğer hedef bölgeler ise karaciğer, böbrekler ve mide gibi dokular ile hemopoietik ve ürogenital sistemlerdir (94,96,101,120). Kadmiyumun oksidatif DNA hasarına neden olarak hücrelerde de mutajenik ve karsinojenik etki gösterebileceği ileri sürülmüştür (121,122).

Kadmiyum kalpte depolanmaktadır ancak böbrek ve karaciğer ile mukayese edildiğinde, daha düşüktür. Düşük konsantrasyonlarda kadmiyum, kalpte metabolik ve yapısal bozukluklara neden olduğu ve hipertansiyon oluştuğu gösterilmiştir. Yapılan bir çalışmada hipertansif ve koroner kalp hastalığı olan hastaların serum, saç ve tırnaklarında kadmiyum oranı sağlıklı olan kontrol grubu ile karşılaştırıldığında, hasta grubunun çeşitli dokularında kadmiyum düzeyinde artış olduğu görülmüştür (123).

Kadmiyuma uzun süre maruz kalındığında etkilenen dokulardan biri de kemik dokusudur, bu doku indirekt olarak böbrek ve gastrointestinal sistem hasarına bağlı olarak etkilenmektedir (124). Uzun süreli kadmiyum etkisi kemiklerde osteomalasia, osteoporez ve böbrek taşları oluşumuna yol açabilmektedir (84,88,91). Yapılan çalışmalarda kronik kadmiyuma maruz kalan yaşlı kadınlar başta olmak üzere her iki cinsten de osteoporoz ve osteoporoza bağlı kemik kırıklıkları riskinde artışa neden olduğu gözlenmiştir (125). Vücudun tutulma aşamasında kadmiyumu, kalsiyum gibi algılayarak biriktirmeye başladığı belirtilen bir çalışmada ise, kalsiyum eksilmesinden dolayı kemiklerin yavaş yavaş zayıflamaya başlayacağı, ayakta durmanın hatta öksürmenin bile kemiklerin kırılmasına ve insanın ölmesine neden olabileceği vurgulanmıştır (108,126).

2.2. Klima Filtre Özellikleri ve Filtrasyon Mekanizmaları:

Nüfusun hızla artması, endüstride kullanılan kimyasal malzemelerin atıkları ve trafiğin yoğun olduğu bölgelerde artan hava kirliliğinin 2000’li yıllarda maksimuma ulaştığı görülmektedir (127).

Ülkemizde özellikle İstanbul, Ankara, İzmir, Adana gibi büyük şehirlerde kişi başına düşen taşıt sayısı hızla artmaktadır. İstanbul’da 1000 kişiye düşen taşıt sayısının 200 olduğu bildirilmiştir. Yurtdışında ise Amerika Birleşik Devletlerinde 700 taşıt/1000 kişi, Batı Avrupa’da 600 taşıt/1000 kişi olarak tespit edilmiştir. Taşıt sayısının artışı ile beraber yakıt tüketimi ve trafik yoğunluğundan ileri gelecek karbon monoksit, partikül, hidrokarbon ve azot gibi hava kirleticilerinin emisyonunda artış gözlemlenmektedir (128,129).

Periyodik olarak yapılan araç muayenesi bakımı, tamirata ve egzoz ölçümü yapılmayan araçlar daha fazla hava kirliliğine neden olurken, özellikle mazotta bulunan yüksek miktardaki kükürt, motorun aşınmasına, egzozdan daha fazla kirleticinin atılmasına ve atmosferde sülfat partiküllerinin artmasına neden olmaktadır. Taşıtlardan atılan kirleticiler hem sağlık ve çevre problemlerine, bununla beraber global ısınmaya katkıda bulunduğu belirtilmektedir (128,130,131).

Her geçen gün soluduğumuz hava gerek artan taşıt miktarı ve beraberinde fosil yakıtların kullanımı ile şiddetle kirlendiği bilinmektedir. Bu kirlilik içerisindeki eser elementler; kurşun, kadmiyum, çinko, bakır ve demir insan sağlığı açısından önemli oranda tehlike teşkil etmektedir. Toksik elementlerden kurşun ve kadmiyum, toksik miktarda çinko, bakır ve demir eser elementlerine maruz kalan canlılarda farklı klinik semptomlar oluşmaktadır.

Araç kabinlerini kirleten etkenler:

Partiküller: Trafik etkisi ile oluşan emisyon, mineral toz, duman, kurum ve hidrosollerin etkisi ile oluşan kirleticiler, polen, bakteri ve mantar gibi partiküllerdir.

Gaz Halinde ve Koku Oluşumuna Yol Açan Partiküller: Trafikte ortaya çıkan benzin atıkları, enerji ve ısınma ile oluşan atıklar (benzen türevleri, hidrokarbonlar, sülfür bileşenleri ve diğer bileşenler). Çalışmalar sonucu oluşan katalitik konverter ürünler, gübre, amonyak, metan gibi tarım atıklarının meydana getirdiği koku (135,141).

2.2.1. Klima Filtre Özellikleri:

Trafik yoğunluğundan birinci derecede etkilenen araç sürücülerinin sağlık problemlerinin artması ile beraber araçlardaki klima sistemlerine verilen önem şiddetle artış göstermiştir. Araçlarımızdaki en önemli konfor unsurlarından biri klima sistemidir. Klima filtreleri araçlardaki havalandırma (A/C) ünitelerini korur bununla beraber soğutucu ve kondansatörlerin sıcaklık ve nem ayarını da yaparak ortamda bakteri ve mantar oluşumunu engellemektedir. Klima filtreleri araçlarımızda klima sistemlerinin düzenleyicisi görevini gören bir çeşit filtredir. Değiştirilebilen bu filtreler yaklaşık 1 mikron (μ) boyutundaki partikülleri tutabilme özelliğine sahip katmanlı kağıttan yapılmaktadır. Klima filtrelerinin malzemeleri ve ortamı çok yoğun olduğu için, hava akışında önemli direnç yaratabilirler. Akım direnci arttıkça klima filtrelerinde performans düşüşü de başlamaktadır (129,130,132,133,134).

2.2.2. Görevi:

Klima filtreleri 1987 yılında Saab firma yetkilileri tarafından yeni model üretimi sırasında isteğe bağlı olarak üretilmiştir. 1987 yılından sonra klima filtresi seri üretimine başlanıp her araca uygun olarak hazırlanmıştır. İlk üretilen klima filtrelerinin çalışma mekanizmasının bugün araçlarımızda kullanılan filtreleme standartlarından daha basit olduğu belirtilmektedir (135).

Klima filtrelerinin etkili filtrasyon yapabilmeleri için, yapısındaki kağıt fiberleri, hava geçişine izin verecek kadar büyük, istenmeyen toz taneciklerini tutacak kadar küçük gözeneklere olanak tanıyacak ölçüde mümkün mertebe sıkıştırılmış olarak üretildiği belirlenmiştir (126,136,137,138).

Klima filtrelerinin önemli bir tasarım kısıtlamaları vardır. Ortamdaki nem ve buharı, filtre elemanının şişerek genişmesine ve iri toz partiküllerinin bu deliklere yerleşerek hava geçişini kısıtlayacağı, fazla tozlu ortamlarda da tıkanmaların arttığı tespit edilmiştir (136,138).

Klima filtresi, iki katmanlı, ince ve kaba toz partiküllerini tutan fiber yapıdan oluşmaktadır. Buradaki kağıt tabakası basınca karşı dayanıklı olmalıdır. Kağıt tabakasının birinci katmanı kaba partikülleri, ikinci katman ise mikron (μ) büyüklüğündeki çok küçük toksik partikülleri süzmektedir (139).

Klima filtre üretiminde kullanılan kağıt non-woven adı ile genellenmiş, gerekirse çapraz dokunmuş gerekirse düz dokunmuş reçine, elyaf, polyester gibi malzemelerin homojen veya değişik oranlarda karışımı ile üretilmektedir. Kağıt, düz klima filtrelerin imalatında kullanılmakta olup her çeşidinin kendine has belirgin özellikleri vardır: hava geçirgenliği, içerdiği gözenek sayısı, yırtılma noktası ve mukavemeti.... vb. Bu özellikler klima filtresinin ömrünü belirlemede asıl rolü oynamaktadır. Önemli olan filtrelerin içinde kullanılan malzemenin kalitesidir. Örneğin; filtreler sentetik kumaş ile imal edildiğinde, hava kirliliği veya astım hastalarını koruma ile yakından uzaktan hiçbir ilişkisinin olmadığı ve aksine araçlarda kullanıldığında kötü koku vermesi de belirtilmiştir. Klima filtrelerinin görevi toz, kurum, bakteri ve polenleri süzerek aracın içerisine sızan havayla birlikte eser elementlerin girişini de engellemektir (129,131,140).

2.2.3. Klima Filtre Çeşitleri:

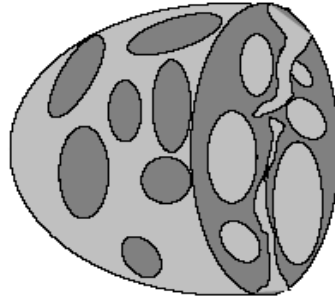
Klima filtreleri birbirlerinden işlev, verimlilik ve görev açısından belirli bir noktadan sonra ayrılmaktadır. Partiküller ve gaz halindeki kirleticiler arasındaki farklı özelliklerden dolayı filtrelerin; partikül, gaz fazı veya kombinasyon filtreleri olmak üzere sınıflandırılması uygun görülmüştür. Tanecik filtrasyonu için hazırlanan filtre tabaka özellikleri mekanik ve elektrostatik etkilere karşı dayanıklı olması buna karşın gaz taneciklerinin filtre edilerek kabindeki havanın temizlenmesi ise fiziksel ve kimyasal adsorbsiyondan yararlanarak sağlanmaktadır. Adsorban olarak kullanılan maddeler içinde en önemlileri kömür, aktif karbon, zeolit ve gözenekli karbon ile kaplanmış plastik materyallerdir (su destilasyonu için polisiteren, iyon değiştiriciler vb) (127,129,131,142,143,144,145).

2.2.3.1. Düz klima filtre: Havadaki bakteri, toz, kurum, polen gibi kabin içerisine giren kirleticilerin girişini engeller. Küçük yüzeyde maksimum filtrasyon amacını taşımaktadır, kağıdın değişik katlama şekli ile beraber filtre boyutu değiştirilmeden absorbsiyonun gerçekleştiği alan büyütülmektedir. Laboratuvarlarda yapılan testler sonucu toz ve polenlerin %95’ni tamamen absorbe ettiği belirlenmiştir (131,144,145).

2.2.3.2. Aktif karbonlu klima filtre: 1900’lü yılların başında, şu anki aktif karbon üretiminin temelini oluşturan patentler yayınlanmıştır. Bu patentler, bugün bile hala geçerli olan aktif karbon üretiminin iki temel prensibini açıklamaktadır. Bunlar kimyasal aktivasyon ve gaz aktivasyonudur. 1920 yılından sonra, ilk olarak, aktif kömür

su arıtılmasında kullanılmaya başlanmış, fakat yaygın bir kullanım sağlanamamıştır. Ancak, 1927 yılında Almanya’da içme suyundaki klorofenol kokusu büyük problem yarattığından, şehir suyunun hazırlanması sırasında aktif karbon kullanımı da büyük önem kazanmıştır. Aktif karbon, 1929 yılında Hamm Water Works’da granüler formda, bundan bağımsız olarak 1930’da Harrison tarafından Michigan Bay City’de, yine 1929 yılında Spalding tarafından içme suyundaki kokuların uzaklaştırılması amacıyla toz halinde kullanılmıştır. 1932 yılına gelindiğinde Amerika’da 400 fabrika, 1943 yılında ise yaklaşık 1200 fabrika istenmeyen kokuların kontrolünde aktif karbonu kullanmıştır (146).

Aktif karbonlu klima filtreleri, düz klima filtrelerin yaptığı işlemleri gerçekleştirir, ilave aktif karbon tabakası ozon, benzol ve toluel gibi gaz halindeki partikülleri de absorbe ederek bu zararlı maddelerin araç içine ulaşmasını engeller. Aktif karbonlu klima filtrelerinin absorbe ettiği partikül boyutunun mikron (μ) büyüklüğünde olduğu gözlenmiştir (Şekil 1) (135).

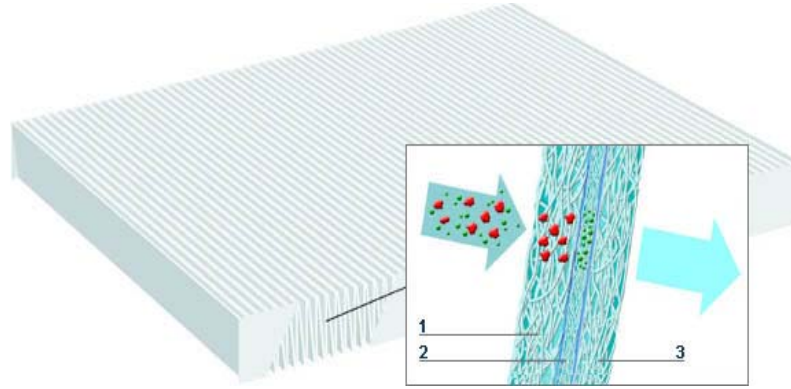


Şekil 1: Aktif karbonlu taneciklerin gözenek yapısının şematik gösterimi (135)

Aktif karbonlu klima filtresini standart klima filtresinden ayıran en önemli özelliği ise, aktif karbon tabakasının hoş olmayan kokuları giderdiği gibi egzoz vb zehirli gazların (ozon, benzol ve toluel gibi) kabin içerisine sızmasına izin vermeden kokuyu absorbe edebilmesidir. Aktif karbonlu klima filtresinin kağıt özellikleri; iki kat süzme görevi gören bir katmanı klima filtresi kağıdı ile aynı özelliklere sahip, diğer katmanı da iki kat arasına serpiştirilmiş kömür tozunu absorbe eden katmandır.

Bu özelliği kazandıran içerisindeki kömür, maden kömürü değil ham maddesi açısından tamamen farklı özelliklere sahip olan bir kömür tozudur. Kurum, toz partikülleri, polen ve bakteri gibi tüm kirleticileri %100’e kadar filtrelendir. Yeni filtreleme sistemi tünellerde ve trafik sıkışmalarında dahi klima ve fanların karşılaşılabileceği aşırı zor koşullarda bile

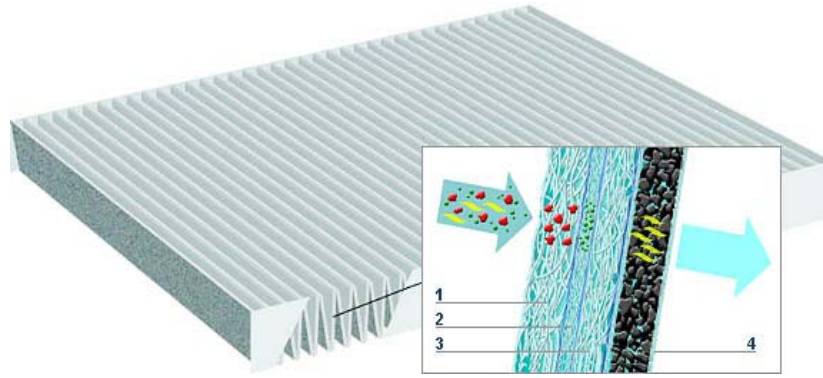
performansını yitirmeksizin etkili çalışabilir. Aktif karbonlu klima filtreleri özellikle yaz aylarında ve kirli havalarda hem sürücünün hem de yolcuların temiz hava inspirasyonunda büyük katkı sağlar. Şekil 2, Tablo 4 ve Şekil 3, Tablo 5’de düz ve aktif klima filtre özellik ve faydaları gösterilmektedir (127,129,131,144,145).



Şekil 2: Düz klima filtre görünümü (129)

Tablo 4: Düz klima filtre özellikleri (129)

Özellik	Faydaları
Dayanıklı kalıp, Multi tabaka	Maksimum performans ve dayanıklılık.
1. Tabaka Pre-Filtredir. Dokuma değildir.	Geniş alanda zehirli partikülleri tutar.
2. Tabaka Elektrostatik tutuculuk özelliğine sahip mikrofiberdir.	Çok küçük partikülleri en iyi şekilde tutar.
3 ve 4. Tabakalar örtü tabakadır. Dokuma değildir.	Mikrofiber tabakayı korumak için sabit conta sistemine sahiptir.
Daha çok kıvrıma sahiptir.	Aynı alanda daha yüksek filtre etme kapasitesine sahiptir.
Çevre contası köpüktendir. (OE’ye özgü).	Bütün zararlı partikülleri atlamadan filtre edebilir.
Enjeksiyonlu bir kalıba sahiptir. (OE’ye özgü)	Performansı en üst düzeyde tutar ve uzun süre servis gerektirmez.



Şekil 3: Aktif karbonlu klima filtre görünümü (129)

Tablo 5: Aktif karbonlu klima filtre özellikleri (129)

Özellik	Faydaları
Dayanıklı kalıp, Multi tabaka	Maksimum performans ve dayanıklılık
1. Tabaka Pre-Filtredir. Dokuma değildir.	Geniş alanda zehirli partikülleri tutar
2. Tabaka Elektrostatik tutuculuk özelliğine sahip mikrofiberdir.	Çok küçük partikülleri en iyi şekilde tutar. 3 μ partikülleri % 100 1.0-3.0 μ partikülleri % 99 0.5-1.0 μ partikülleri % 93 0.3-0.5 μ partikülleri % 64 absorbe eder.
3 ve 4. Tabakalar örtü tabakadır. Dokuma değildir.	Mikrofiber tabakayı korumak için sabit conta sistemine sahiptir.
5.Tabaka odun kömürüne sahiptir.	Ozon, nitrojen oksit, sülfür dioksit vb zehirli gazları absorbe eder.
Daha çok kıvrıma sahiptir.	Aynı alanda daha yüksek filtre etme kapasitesine sahiptir
Çevre contası köpüktendir. (OE'ye özgü).	Bütün zararlı partikülleri atlamadan filtre edebilir.
Enjeksiyonlu bir kalıba sahiptir. (OE'ye özgü).	Performansı en üst düzeyde tutar ve uzun süre servis gerektirmez.

2.2.4. Filtrasyon Mekanizmaları:

Klima filtrelerinde filtrasyon mekanizmaları 2'ye ayrılır:

2.2.4-a Tanecik Filtrasyonu: Emülsiyon veya süspansiyon gibi iki fazlı sistemleri ayırma yöntemidir.

2.2.4-b Gaz Fazındaki Tanecik Filtrasyonu:

Gaz fazındaki taneciklerin filtrasyonu ise bir ya da daha fazla bileşenden oluşan gaz karışımlarının birbirlerinden ayrılması prensibine dayandığı belirtilmektedir. Adsorban ve/veya katalizör (çözücü) ile gerçekleşir.

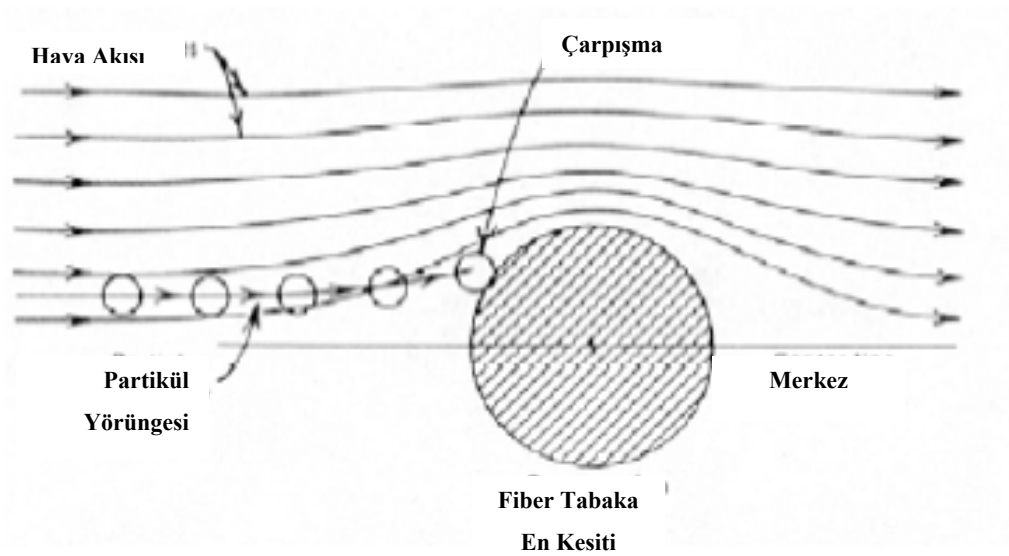
2.2.4.1. Taneciklerin Sınıflandırılması:

Multi-faz sistemleri oluşturan bileşenler aynı faz içerisinde bulunmayabilir (emülsiyon). Taşıyıcı faz sıvı ise hidrosol, gaz ise aerosol olarak tanımlanır. Hidrosol karışımlar emülsiyon ve süspansiyon sistemler içerisinde dağılmış olarak bulunabilirler. Aerosollerde ise toz, duman, sis örnek verilebilir bununla beraber klima filtrasyonu çalışma mekanizması aerosol sistemlere uygundur.

2.2.4.2. Taneciklerin Toplanması:

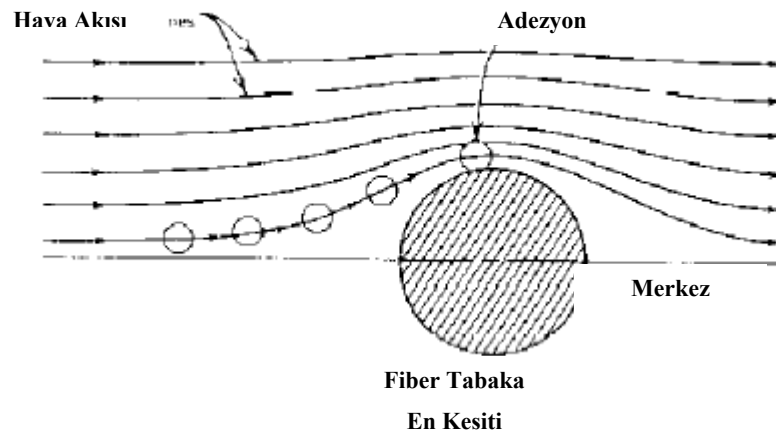
Tanecik filtrasyonunda adsorblanan solid ve likid partiküllerin ayrıştırılmasında taneciklerin kütle ve elektrostatik özellikleri gözönüne alınmaktadır. Tek katlı (single) fiber tabaka kullanılarak yapılan filtrasyon işlemine single fiber model denir ve %100 performans sağlanmaktadır.

Hava akımı etkisi ile partiküllerin fiber tabakadan adsorblanma düzeni Şekil 4'de gösterilmektedir. Partiküller birbirinden farklı hızlarda akan ve birbirini ince tabakalar olarak geçen Laminer akış sistemi ile fiber tabakadan geçebilir. Laminer akış sisteminde akışın birbirine yakın olduğu durumlarda ise partikülün akış hızı arttıkça uygulayacağı basınç da artış göstereceğinden (Bernoulli Yasası) çok küçük miktarda partikül geçisinin de olduğu belirtilmektedir. Tek katlı fiber modelin zayıf bir hava akımının etkisi altında olduğu da düşünüldüğünde geçisi minimum düzeye indirmek amacı ile tabakanın yapışkan özellikte üretimi uygun görülmüştür. Belirli çapta ve kütledeki taneciklerin laminer akışın etkisiz kaldığı Şekil 4'de görülmektedir.



Şekil 4: Tek katlı fiber tabakada partiküllerin çarpışması (135).

Fiber tabakadaki önemli diğer bir nokta ise belirli boyutta ve kütledeki taneciklerin birbirine belirli uzaklıktaki Laminer akış etkisi ile tabakada adsorbe edilmesidir. Tabakalar arasındaki uzaklık partikül yarıçapından daha yakın ise tabaka tarafından kesinlikle adsorbsiyon gerçekleştirilir. Fiber tabaka yüzeyinde partiküller arasında oluşan adhezyon sonucu tutunmalar olacaktır. Fakat taneciklerin özelliklerine dayanarak geçişler olabilir, bu geçişler teorik olarak yapılacak hesaplamalarda ihmal edilebilir niteliktedir. (Şekil 5).

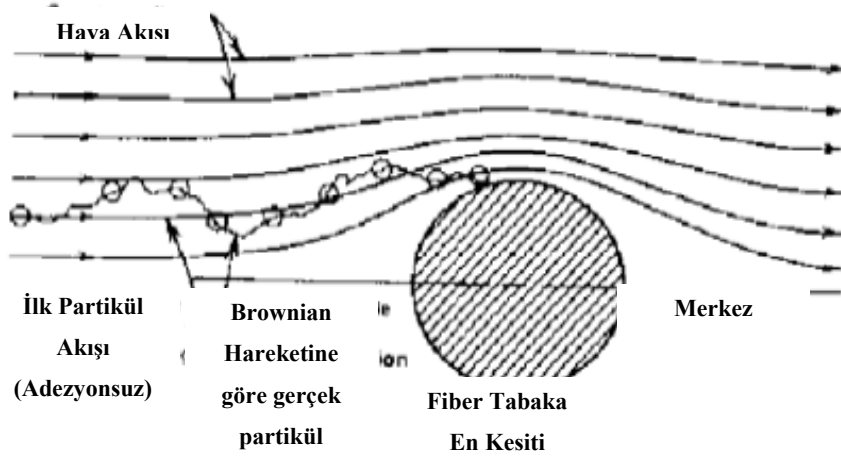


Şekil 5: Tek katlı fiber tabakada partiküllerin adhezyonu (135)

2.2.4.3. Taneciklerin Difüzyonu:

Gazlar içerisinde yer alan moleküller sıcaklık, pH ve basınç değişimine bağımlı olarak sürekli hareket halinde bulunmaktadır. Belirli zaman içerisinde moleküler aynı hız ve aynı yönde hareket etmezler (Brownian Hareketi). Rasgele aynı hızda aynı yönde de olsa hareket

ederler ve farklı zamanlarda birbirleri ile çarpışarak momentum değişikliği de oluşturabilirler. Gaz moleküllerinin bir bölümü ise küçük taneciklerin yönünü değiştirebilecek ve yüzeye doğru zig-zag hareketi oluşumunu sağlayan yeterli momentuma sahiptir. (Şekil 6).



Şekil 6: Tek katlı fiber tabakada partiküllerin difüzyonu (135)

Taneciklerin diğer bir özelliği de elektrostatik yükleridir, farklı yüklerdeki partiküller birbirlerini çekerek filtrelerin yüzeyinde tutunabilirler. Belirli süreç içerisinde kullanım ile beraber (araçlarda ortalama 12.000–15.000 km) partiküller fiber tabakanın yüzeyine tutunabilir fakat taneciklerin elektrostatik yükleri bu durumda korunmaktadır. Filtrelerin kullanım süresi uzadıkça filtre tabakasının deforme olması ile beraber verimlilik oranının düşeceği belirtilmektedir.

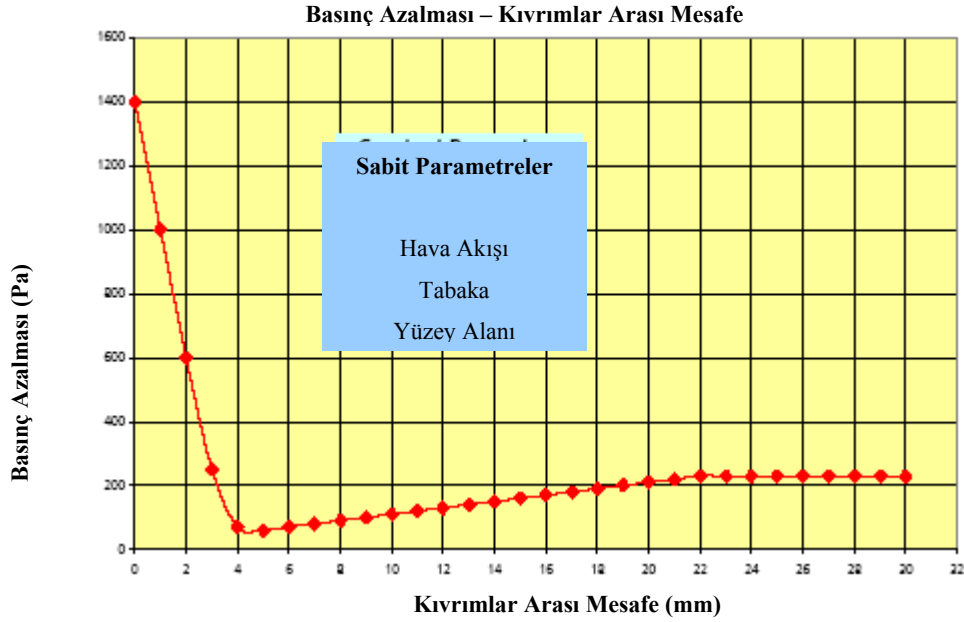
Tek katlı fiber modelin çalışma mekanizması ile aynı özellikleri taşıyan günümüzde özellikle 2000 yılı sonrası araçlarda kullanılan klima filtreleri;

- Klima filtrelerinde belirlenmiş boyut, ağırlık ve elektrostatik yükteki taneciklerin toplanabilmesi için uygun tabaka olarak üretilmelidir,
- Filtreleme tabakasının yüzeyi ile maksimum yüzeye tutunabileceği katı (solid) partiküller arasında orantı olmalıdır. Bu oran: Tabakaya geçen hava miktarı/adsorbe edilen partiküller.

2.2.4.4. Fiber Tabakanın Yapısal Özellikleri:

Fiber tabakanın üretiminde tabaka yüzeyi ve yüzeydeki kıvrımların arasındaki mesafe partiküllerin adsorblanmasında önem taşımaktadır. Filtrelerde maksimum adsorbsiyon için yüzey kıvrımlı olarak düzenlenmiştir. Birim uzunluktaki filtre kıvrım arası mesafenin artması

sonucu basınç değışikliğı gözlenebilir. Klima filtrelerindeki kıvrımlar arası mesafe-basıncın değışim grafiğı Şekil 7’de ifade edilmektedir.



Şekil 7: Klima filtrelerindeki kıvrımlar arası boşluk-basıncın değışim grafiğı (135)

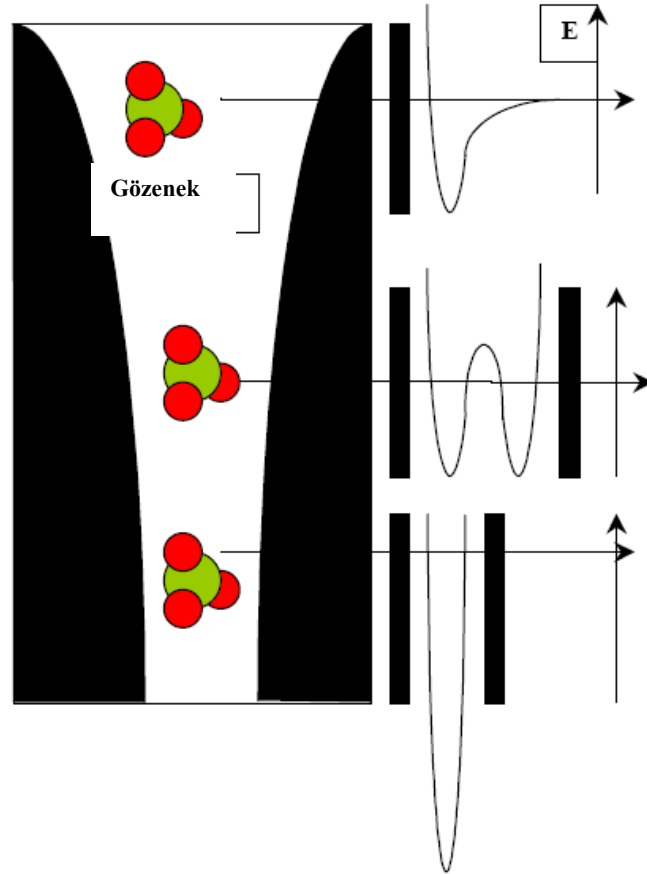
Kıvrımlar arasındaki mesafenin azaltılması tabaka içerisindeki hava akışına da etki ederek kullanılan yüzey artışına yol açar. Klima filtrelerinde basınç azalması genellikle hava akışkanlığı ile orantılı değildir. Basıncın azalması ile hava akışı arasında aşağıdaki bağıntı vardır:

$$\Delta p = C \cdot (dV/dt \cdot A^{-1})^\alpha$$

V: Hava akışı, **A:** Filtrasyon Alanı, **C:** Malzeme ve element sabiti, **α :** 1-2 arası değışen sabit bir sayıdır. Yukarıda verilen denklemde, C ve α değeri ortam şartlarına ve filtre tasarımına bağı olup, bu parametrelerin her bir filtre tasarımı için tespitini gerektirmektedir. Kimyasal filtre ortamı için α değeri 2’den daha küçük değeri almaktadır. Kağıt-tipi filtrelerde ise bu değeri 1’e yaklaşabilmektedir. dV/dt zaman içindeki akan hacim olup genellikle hava akışı olarak adlandırılmaktadır. **Alan (A)**, ortamın etkin filtrasyon alanıdır. $dV/dt \cdot A^{-1}$ filtre içinden geçen hava hızı olarak ifade edilmektedir. Bu hız, hava akışının alanın tümünden geçtiğinde teorik olarak kabul edilecek hızdır. Bu kabul, filtrasyon alanının bir kısmı katı madde ile kaplı olduğundan ve hava akışının geçişi için müsait olmadığından geçerli değildir. Filtre malzemesi mukayese edildiğinde, bu hız tüm performans verileri için kilit değeri değildir.

Bu hızın, testler sırasında aynı olması durumunda ise, filtreler toplama verimliliği, toz yükü gibi değerlere göre kıyaslanabilir.

Aktif karbon, mineral karbon, plastik ve petrokimyasal maddeler yardımı ile üretilen en eski ve en iyi adsorban olarak tercih edildiği bilinmektedir. Aktif karbon granül yapısı ve yüzeyinden partikül geçişi ile adsorpsiyon potansiyel değişimi şematik olarak Şekil 8’de gösterilmektedir.



Şekil 8: Gözenek çapı ve adsorpsiyon potansiyel değişimi (E) (135).

Fiber tabakanın farklı bölümlerinde adsorplanma hızına göre, seçici adsorbsiyon meydana gelir. Potansiyel artışı ile adsorplanma etkisi giderek artış gösterir. Hava filtrasyonu için tercih edilen granüler yapıda aktif karbonlu tabakalarda mekanik özellikler ile beraber gözenek boyutunun da maksimum verim için önemli olduğu belirtilmektedir (126,127,132,135,141,147).

2.2.4.5. Polen Filtre Değişim Süresi ve Etkileri:

Aracın akciğerleri pozisyonundaki klima filtrelerinin düzenli temizliği ve periyodik olarak değişimine dikkat etmek gerekmektedir. Eskiye klima filtresi nedeni ile solunan havada

oluşan kirlilik sürüş güvenliğini tehlikeye sokabilir. Ayrıca alerjik bünyeli sürücülerin çeşitli sağlık sorunları ile karşılaşmasına ve aracın içinin kötü kokmasına neden olduğu belirtilmektedir.

Klima filtresinin ömrü, çalıştığı dış ortama (havadaki toz ve bağıl nem yüzdesi), adsorbe etmesi gereken partikül çapına (toz, kömür, toprak vb) ve motorun istediği birim zamanda gerekli hava hacmine bağlı olarak artış ve azalma göstermektedir.

Klima filtrelerinin 12.000-15.000 km arası veya minimum yılda iki kez değiştirilmesi sağlık güvenliği açısından önerilmektedir. Aksi takdirde kabin içine giren hava kalitesi hissedilir derecede düşebilir. Olağandışı durumlarda (kirlenmiş çevre, sanayi vb) ise daha sık aralıklarla değişimi gerekmektedir (101,129,141,143,147,149).

3. GEREÇ VE YÖNTEM

GEREÇLER

Çalışmamızda Kullanılan:

3.1. Kimyasal Maddeler:

- Hidroklorik Asit (HCl, Rhiedel)
- Nitrik Asit (HNO₃, Merck)
- Kurşun Standart Çözeltisi (Merck)
- Kadmiyum Standart Çözeltisi (Merck)
- Çinko Standart Çözeltisi (Merck)
- Bakır Standart Çözeltisi (Merck)
- Demir Standart Çözeltisi (Merck)
- Destile Su

3.2. Cihazlar:

- Atomik Absorpsiyon Spektrofotometresi (Shimadzu-AA680)
- Santrifuj (Hettich-Universal 30 RF)
- Terazî (Hana HS 5400)
- Etüv
- Otomatik Mikro Pipetler (Biohit Proline pipette)
- Destile Su Cihazı (Nüve NS 104)

3.3. Cam Malzemeler:

- Beher Cam Kısa Form (2000 ml)
- Mezür uzun form (1000 ml)
- Saat camı (120 mm):
- Tüp dereceli şilifli kapaklı

3.4. Deney Grupları:

Çalışmamızda, İstanbul'un çeşitli ilçelerindeki otomobil servislerinden alınan farklı markaların, sabit modellerindeki klima filtreleri kullanıldı. Örnekler aşağıdaki gibi düzenlendi:

- 10 farklı araç markasına ait klima filtreleri incelendi: 1.grup, 2.grup, 3.grup, 4.grup, 5.grup, 6.grup, 7.grup, 8.grup, 9.grup ve 10.grup.
- İstanbul'un çeşitli ilçelerindeki otomobil servislerinden alınan farklı araç markalarına ait klima filtreleri ile 7 farklı bölgedeki hava kirliliği araştırıldı: Kontrol grubu (K) ve 1-7 bölgede kullanılan araç klima filtreleri.

3.5. Ölçüm Yöntemi:

Çalışmalar, ortalama ağırlıkları 112,33 gr olan 10 farklı markalara ait araçların kullanılmış klima filtreleri (n=53), ve ortalama ağırlıkları 89,1 gr olan kullanılmamış klima filtreleri (n=10) kullanılarak ölçümler yapılmıştır (Tablo 6). Çalışmamıza ait teknik çalışmalar İ.Ü. Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Biyofizik Anabilim Dalı laboratuvarlarında yapılmıştır.

Tablo 6: Kontrol grubu klima filtreleri - Deney grubu klima filtreleri ağırlıkları ortalamaları (M) ve standart sapmaları (SD) (M±SD).

Kontrol Klima Filtreleri (n=10) (89,10 ± 50,41gr)	Deney Grubu Klima Filtreleri (n=53) (112,33 ± 56,43 gr)
45	1.grup (n =5)= 51,8±4,32
106	2.grup (n =5)= 111,0±7,42
115	3.grup (n =6)= 150,0±11,18
40	4.grup (n =6)= 50,0±5,00
70	5.grup (n =5)= 103,0±4,47
85	6.grup (n =5)= 105,0±7,07
80	7.grup (n =5)= 90,0±3,54
215	8.grup (n =5)= 264,0±8,94
55	9.grup (n =5)= 113,3±22,95
80	10.grup (n =5)= 87,0±2,74

İstanbul'un farklı ilçelerinden toplanan ve 12.000 - 15.000 km arasında kullanılıp değiştirilen araç klima filtreleri, araç sahiplerinin izni alınarak toplanmıştır. Materyallerin toplanması ile beraber klima filtrelerinin her biri hassas terazide tartılarak ağırlıkları belirlendi. Ortamdaki hava ve toz ile temasını engellemek amacı ile özel paketlerinde oda sıcaklığında çalışma süresine kadar muhafaza edildi.

Hazırlanan materyaller beş ayrı gruba ayrıldı, 2000 cc'lik mezürde, 3HCL (Rhiedel)+1HNO₃ (Merck) (altın suyu-aqua regia) karışımından oluşan 1000 ml'lik çözeltilerin hazırlanması ile klima filtrelerinin üzerini tamamen örtecek şekilde ilave edildi. Klima filtreleri, çözeltiliye parçalanıp polipropilen iplerle ufak yumaklar şeklinde bağlanarak oda sıcaklığında çözülmeye bırakıldı. Polipropilen iplerle bağlanmasındaki amacımız, asit karışımının filtreye kolay difüze etmesini sağlamaktır. Oda sıcaklığında, yeterli difüzyon sağlanması amacı ile tüm deney grubu filtreleri 48 saat bekletildikten sonra sıra ile beherler içerisinde çözünen filtrelerde adsorbe edilen farklı büyüklükteki partiküller süzülerek kapaklı deney tüplerine aktarıldı. Süzme işlemleri ardından kullanılmış ve kontrol grubuna ait klima filtre örnekleri santrifüj edilerek çözeltiliye geçen toz partiküllerden elimine edildi (150,151,152,153). AAS ölçüm yöntemi hava kaynaklı partiküler maddelerin analizi için hızlı bir ölçüm yöntemi olarak belirlenmesi ile örneklerin total hacimleri 5 ml'ye otomatik mikro pipetler yardımı ile tamamlanarak klima filtrelerinde adsorbe edilen toz partiküllerin eser element (kurşun, kadmiyum, çinko, bakır ve demir) düzeyleri, İ.Ü. Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Biyofizik Anabilim Dalı'nda bulunan (Shimadzu-AA680) Atomik Absorpsiyon Spektrofotometresinde ölçüldü (154,155).

Eser element ölçümleri için, içerisinde 1000±0.002 mg saf element içeren atomik absorpsiyon cihazında ölçüm için kullanılan hazır standart çözeltiler (Titrisol-Merck) distile su ile 1 litreye tamamlanarak stok çözeltileri (1000 µg/ml) hazırlandı.

Kurşun, kadmiyum, çinko, bakır ve demir düzeyleri ölçümleri için distile su ile stok çözeltilerden 0,5, 1,0, 2,0, 2,5, 5,0 µg/ml'lik çalışma standartları hazırlandı.

Atomik Absorpsiyon Spektrofotometresinde (AAS) ölçümü yapılacak her bir element için özel dalga boyunda ışık veren HCL (Hollow Cathode Lamp) lambaları ile yine her elemente uygun hava-asetilen gaz karışımı ve BCG (Back Ground Correction) modları seçildi. Bu şekilde ölçüme hazır hale getirilen AAS'de blank ve ölçümü yapılacak element için standart çözeltileri yardımı ile kalibrasyon grafiği çizdirilip örnek materyallerdeki eser element konsantrasyonları ölçüldü. Bu işlemler her bir eser element için tekrarlandı (154,155).

Çalışmamızda farklı araçlara ait klima filtreleri ve İstanbul'un 7 farklı bölgesine ait eser element düzeylerinin istatistiksel kıyaslama ve değerlendirme yöntemi olarak SPSS-11.5 hazır paket programı kullanılarak "Mann-Whitney U Testi" uygulandı. Sonuçlar ortalama ve standart sapma ($M \pm SD$) olarak ifade edildi. Anlamlılık değeri $p < 0,05$ olarak kabul edildi.

4. BULGULAR

Çalışmamızda kullanılmamış kontrol (n=10) ve 10 adet farklı markalara ait araçların kullanılmış klima filtreleri (n=53), İstanbul'un belirli ilçelerindeki araç servislerinden, araç sahiplerinin izni ile anket formuna bağımlı olarak toplandı (Tablo 7). Örnek grubunun toplanması sırasında araç güzergahlarının farklı ilçelerde olmasına dikkat edildi.

Tablo 7: Araçlardan alınan klima filtrelerine ait soru anket formu:

Tarih:

No:	Özellikler:	Verileri:
1-	Aracın markası:	
2-	Aracın plakası:	
3-	Aracın tipi:	
4-	Aracın bulunduğu ilçe:	
5-	Araç sahibinin telefonu:	
6-	Polen filtrenin km. si:	
7-	Hava filtresinin km. si:	
8-	Servisin adı:	
9-	Servisin adresi:	
10-	Yetkilinin adı ve soyadı:	

10 adet farklı araç markasına ait klima filtre örnekleri (n=53) ile yapılan kurşun, kadmiyum, çinko, bakır, demir ölçümleri karşılaştırılarak örnek gruplarının ortalama konsantrasyonları ve bunlara ait standart sapmaları Tablo 8'de ve grafiksel gösterimleri de (Grafik 1, Grafik 2, Grafik 3, Grafik 4) verilmiştir.

Tablo 8: Farklı markalara ait araçların klima filtrelerinin kurşun, çinko, bakır, demir konsantrasyonlarının ortalama (M) ve standart sapma (SD) değerleri. (M±SD)

Klima Filtre Grupları	Kurşun (µgr/gr)	Çinko (µgr/gr)	Bakır (µgr/gr)	Demir (µgr/gr)
1.Grup	0,026±0,023	0,118±0,044	0,119±0,047	0,614±0,124
2.Grup	0,009±0,006	0,059±0,035	0,068±0,65	0,203±0,177 ^{xx}
3.Grup	0,004±0,003 ^x	0,029±0,009 ^{xx}	0,047±0,020 ^x	0,103±0,098 ^{xx}
4.Grup	0,020±0,014	0,079±0,029 ^{†††}	0,258±0,195	0,535±0,249 ^{††}
5.Grup	0,028±0,019 [†]	0,070±0,017 ^{††}	0,177±0,134	0,318±0,020 ^{xx,††}
6.Grup	0,023±0,009 ^{††,+}	0,070±0,020 ^{††}	0,077±0,048	0,260±0,083 ^{xx,†}
7.Grup	0,023±0,13 ^{††,+}	0,077±0,007 ^{††}	0,074±0,013	0,384±0,039 ^{xx,††,□,+}
8.Grup	0,001±0,001 ^{††,▲▲,□□,■} x	0,012±0,006 ^{ΔΔΔ,xx,▲▲} ,□□,■,†	0,061±0,039	0,004±0,001 ^{xx,ΔΔ,■,□}
9.Grup	0,017±0,006 ^{†††,○○}	0,058±0,039 ^{○○○}	0,129±0,037 ^{††,■,○}	0,267±0,069 ^{xx,††,○○,Δ}
10.Grup	0,008±0,001 ^{●●●,xx,††▲} ,□□,■	0,040±0,025 ^{ΔΔΔ,●●●,xx,} ††,■,▲,○	0,074±0,054	0,286±0,135 ^{xx,○○}

1.grup klima filtrelerinin diğer klima filtrelerine göre (^xp<0,05, ^{xx}p<0,01, ^{xxx}p<0,001),

2.grup klima filtrelerinin diğer klima filtrelerine göre (⁺p<0,05, ⁺⁺p<0,01, ⁺⁺⁺p<0,001),

3.grup klima filtrelerinin diğer klima filtrelerine göre ([†]p<0,05, ^{††}p<0,01, ^{†††}p<0,001),

4.grup klima filtrelerinin diğer klima filtrelerine göre (^Δp<0,05, ^{ΔΔ}p<0,01, ^{ΔΔΔ}p<0,001),

5.grup klima filtrelerinin diğer klima filtrelerine göre ([▲]p<0,05, ^{▲▲}p<0,01, ^{▲▲▲}p<0,001),

6.grup klima filtrelerinin diğer klima filtrelerine göre ([□]p<0,05, ^{□□}p<0,01, ^{□□□}p<0,001),

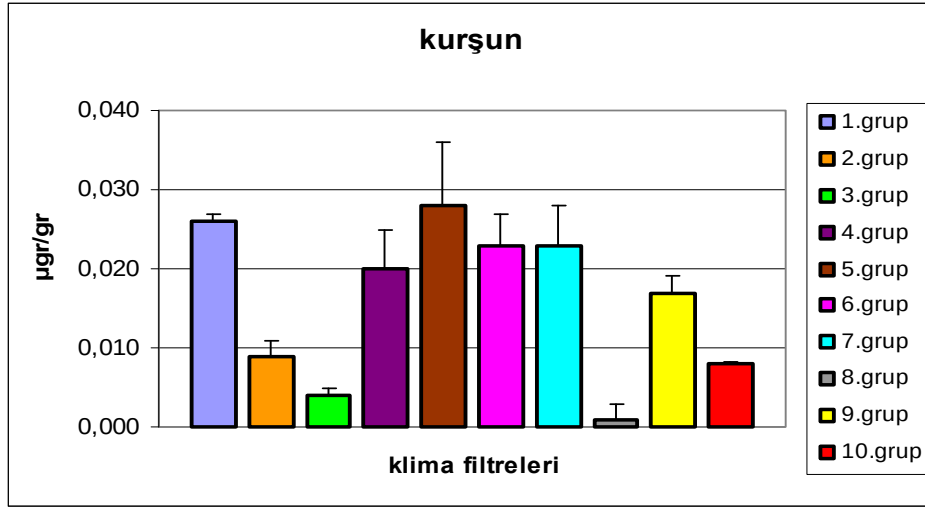
7.grup klima filtrelerinin diğer klima filtrelerine göre ([■]p<0,05, ^{■■}p<0,01, ^{■■■}p<0,001),

8.grup klima filtrelerinin diğer klima filtrelerine göre ([○]p<0,05, ^{○○}p<0,01, ^{○○○}p<0,001) ve

9.grup klima filtrelerinin diğer klima filtrelerine göre ($^*p<0,05$, $^{**}p<0,01$, $^{***}p<0,001$) anlamlı değişiklikleri gösterir.

Klima filtreleri kurşun düzeylerinin karşılaştırılması:

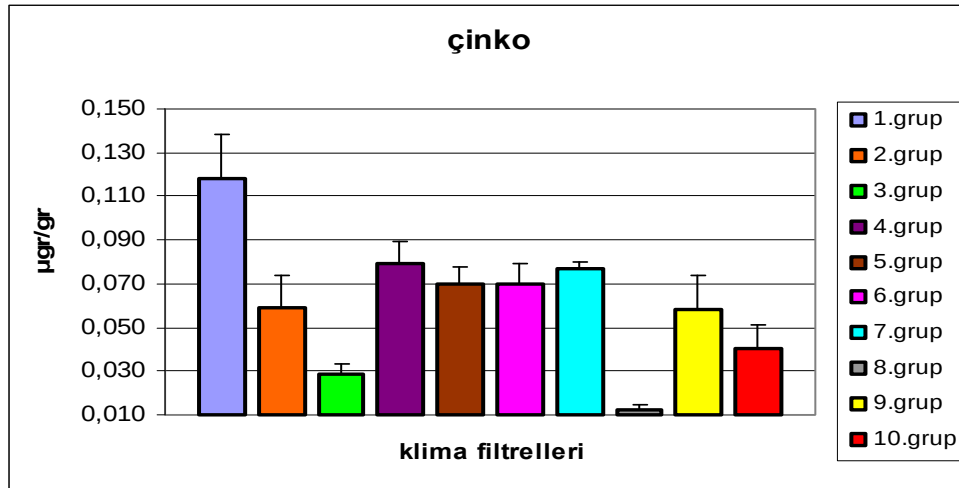
3.grup: 9.grup, ($^{+++}$), **8.grup:** 9.grup, (^{ooo}), **9.grup:** 10 grup, (***) kurşun değerlerinin istatistiksel açıdan anlamlı olarak yüksek olduğu, **1.grup:** 10.grup, (^{xx}), **2 grup:** 8. ve 10.grup, ($^{++}$), **3.grup:** 6 ve 7. grup, ($^{++}$), **5.grup:** 8 ve 10. grup, (^{AA}), **6.grup:** 8 ve 10.grup, ($^{□□}$), **7.grup:** 8 ve 10.grup, (**) değerlerinin ve **1.grup:** 3.grup ve 8.grup, (^{x}), **2 grup:** 6.grup ve 7.grup, ($^+$), **3.grup:** 5.grup, ($^+$) değerlerinin istatistiksel kıyaslanmasının anlamlı olduğu saptanmıştır (Tablo 7, Grafik 1).



Grafik 1: 10 farklı araç klima filtreleri ile ölçülen kurşun konsantrasyonlarının ortalama değerleri. Dikey çizgiler standart hatayı (SE) göstermektedir.

Klima filtreleri çinko düzeylerinin karşılaştırılması:

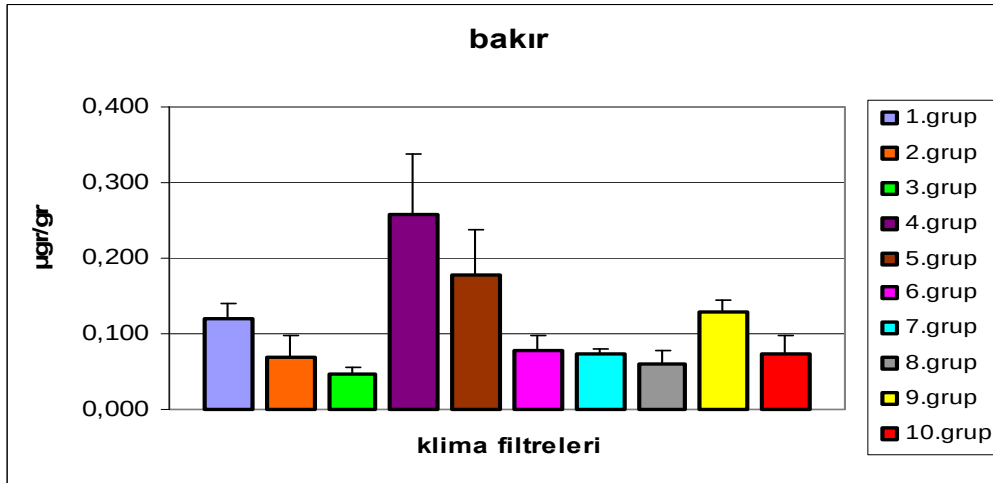
3.grup: 4.grup ($^{+++}$), **4.grup:** 8 ve 10. grup (^{AAA}), **8.grup:** 9 grup (^{ooo}), **9 grup:** 10 grup (***) ile çinko düzeyleri istatistiksel anlamda yüksek derecede anlamlı çıkmak ile beraber, **1 grup:** 3, 8, 10 grup (^{xx}) **3 grup:** 5, 6, 7 grup ($^{++}$), **5 grup:** 8.grup (^{AA}), **6 grup:** 8. grup ($^{□□}$), **7 grup:** 8 ve 10 grup (**) ve **3 grup:** 8 grup ($^+$), **5 grup:** 10 grup (^{A}), 8 grup: 10 grup (^{o}) klima filtre gruplarının çinko değerlerinin istatistiksel kıyaslanmasının anlamlı olduğu saptanmıştır (Tablo 8, Grafik 2).



Grafik 2: 10 farklı araç klima filtreleri ile ölçülen çinko konsantrasyonlarının ortalama değerleri. Dikey çizgiler standart hatayı (SE) göstermektedir.

Klima filtreleri bakır düzeylerinin karşılaştırılması:

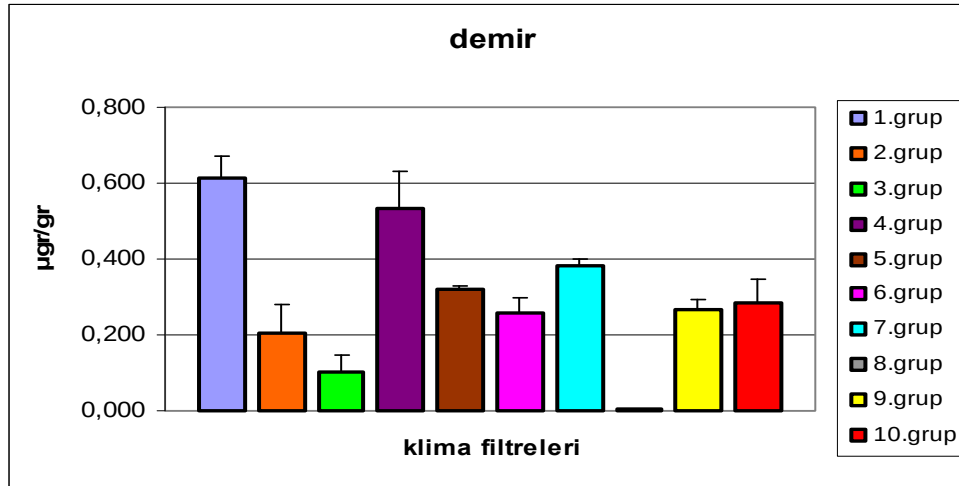
3.grup: 9 grup (^{††}), **7. grup:** 9.grup ([■]) ve **1.grup:** 3.grup ([×]), **8 grup:** 9.grup ([°]) klima filtreleri bakır düzeyleri arasında istatistiksel değerlerinin anlamlı olduğu saptanmıştır (Tablo 8, Grafik 3).



Grafik 3: 10 farklı araç klima filtreleri ile ölçülen bakır konsantrasyonlarının ortalama değerleri. Dikey çizgiler standart hatayı (SE) göstermektedir.

Klima filtreleri demir düzeylerinin karşılaştırılması:

1.grup: 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10 grup demir düzeyleri arasında (^{xx}), **3.grup:** 4, 5, 7, 9 grup demir düzeyleri arasında (^{††}), **4.grup:** 8. grup (^{ΔΔ}), **6.grup:** 7. grup (^{□□}), **7.grup:** 8. grup ([■]), **8.grup:** 9. ve 10 grup (^{°°}) ve **2.grup:** 7. grup ([†]), **3.grup:** 6.grup ([†]), **4.grup:** 9.grup (^Δ), **6.grup:** 8. grup ([□]) klima filtreleri demir düzeyleri arasında istatistiksel değerlerinin anlamlı olduğu saptanmıştır (Tablo 8, Grafik 4).



Grafik 4: 10 farklı araç klima filtreleri ile ölçülen demir konsantrasyonlarının ortalama değerleri. Dikey çizgiler standart hatayı (SE) göstermektedir.

Klima filtreleri kadmiyum düzeylerinin karşılaştırılması:

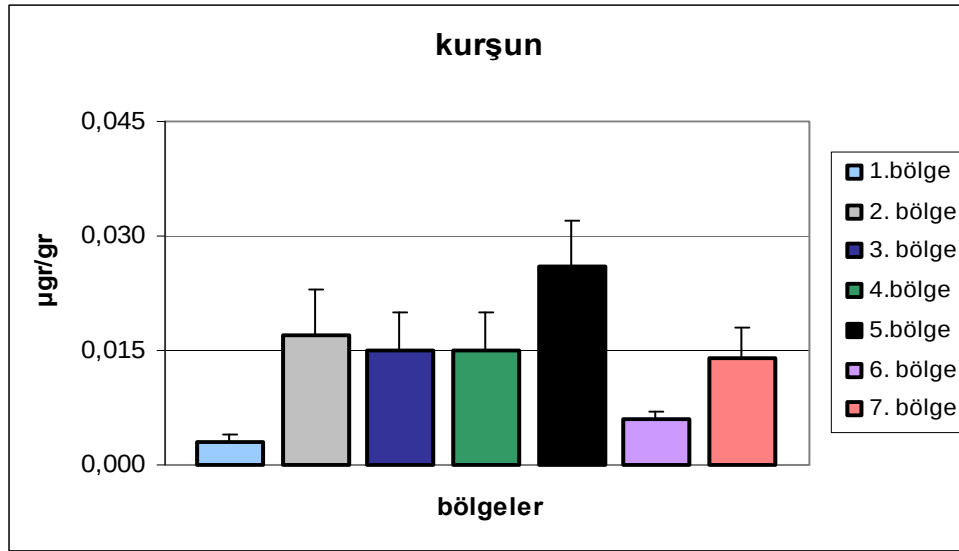
10 farklı araçta ait klima filtreleri ile yapılan ölçümlerde kadmiyum konsantrasyon değeri saptanamamıştır.

İstanbul'un çeşitli ilçelerindeki otomobil servislerinden alınan farklı markaların, klima filtreleri 7 farklı bölgeye ayrıldı ve kurşun, çinko, bakır, demir ve kadmiyum ölçümleri karşılaştırılarak örnek gruplarının ortalamaları ve bunlara ait standart sapmaları Tablo 9, Tablo 10, Tablo 11, Tablo 12'de verilmiştir (Grafik 5 Grafik 6, Grafik 7, Grafik 8).

Tablo 9: Farklı markalara ait klima filtrelerinin farklı bölgelerdeki, kurşun ($\mu\text{gr/gr}$), konsantrasyonlarının ortalamaları (M) ve standart sapma (SD) değerleri ve örnek sayıları (n). (M $\pm$ SD).

1.bölge (n=8)	2. bölge (n=8)	3. bölge (n=7)	4. bölge (n=8)	5.bölge (n=8)	6.bölge (n=7)	7.bölge (n=8)
0,003 $\pm$ 0,002	0,017 $\pm$ 0,016	0,015 $\pm$ 0,013	0,015 $\pm$ 0,014	0,026 $\pm$ 0,018***	0,006 $\pm$ 0,003 $^{\text{€}_3}$	0,014 $\pm$ 0,010 $^{\text{€}_2,*,\text{€}_1}$

1.bölgenin diğer çalışılan bölgelere göre (* $p<0,05$, ** $p<0,01$, *** $p<0,001$), **5. bölgenin** diğer çalışılan bölgelere göre ($^{\text{€}_1}p<0,05$, $^{\text{€}_2}p<0,01$, $^{\text{€}_3}p<0,001$), **6. bölgenin** diğer çalışılan bölgelere göre ($^{\text{€}_1}p<0,05$, $^{\text{€}_2}p<0,01$, $^{\text{€}_3}p<0,001$) anlamlı değişikliklerini gösterir.



Grafik 5: Klima filtreleri ile çalışılan 7 farklı bölge arasında ölçülen kurşun konsantrasyonlarının ortalama değerleri. Dikey çizgiler standart hatayı (SE) göstermektedir.

Bölgelerin kurşun düzeylerinin karşılaştırılması:

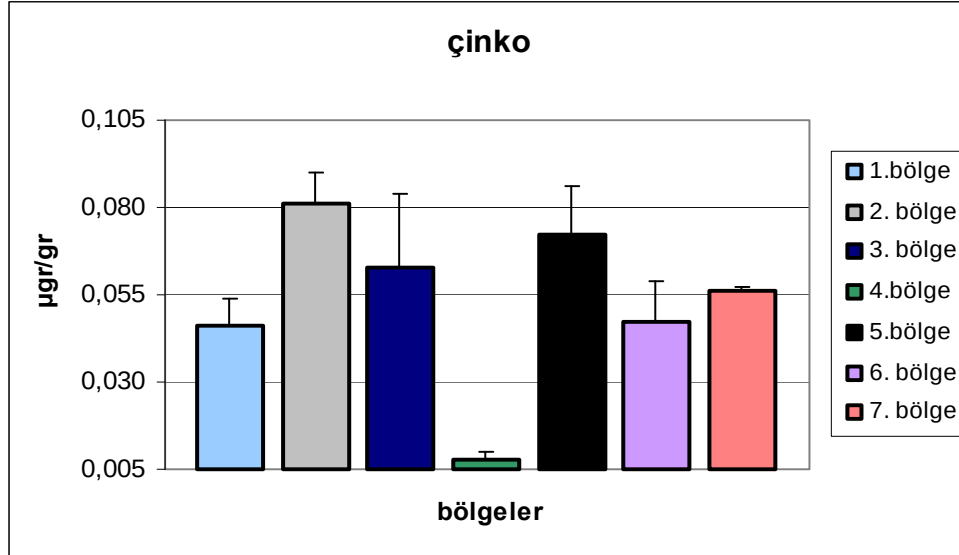
1. bölge: 5. bölge (**), **5. bölge:** 6. bölge ($^{\text{€}_3}$) kurşun konsantrasyonları sonuçları arasında istatistiksel anlamda yüksek derecede anlamlılık saptanmıştır.

6. bölge: 7. bölge ($^{\text{€}_2}$) ve **1. bölge:** 7. bölge (*), **5. bölge:** 7. bölge ($^{\text{€}_1}$) bölgeleri arasındaki kurşun düzeylerindeki değişim anlamlı bulundu (Tablo 9, Grafik 5).

Tablo 10: Farklı markalara ait klima filtrelerinin farklı bölgelerdeki, çinko ($\mu\text{gr/gr}$), konsantrasyonlarının ortalamaları (M) ve standart sapma (SD) değerleri ve örnek sayıları (n). (M $\pm$ SD).

1. bölge (n=8)	2. bölge (n=8)	3. bölge (n=7)	4. bölge (n=8)	5.bölge (n=8)	6.bölge (n=7)	7.bölge (n=8)
0,046 $\pm$ 0,022	0,081 $\pm$ 0,027*	0,063 $\pm$ 0,057	0,008 $\pm$ 0,005***, β_2	0,072 $\pm$ 0,040	0,047 $\pm$ 0,032 α_2	0,056 $\pm$ 0,028

1.bölgenin diğer çalışılan bölgelere göre (* $p<0,05$, ** $p<0,01$, *** $p<0,001$), **3.bölgenin** diğer çalışılan bölgelere göre ($\beta_1 p<0,05$, $\beta_2 p<0,01$, $\beta_3 p<0,001$), **4.bölgenin** diğer çalışılan bölgelere göre ($\alpha_1 p<0,05$, $\alpha_2 p<0,01$, $\alpha_3 p<0,001$) ve **5.bölgenin** diğer çalışılan bölgelere göre ($\epsilon_1 p<0,05$, $\epsilon_2 p<0,01$, $\epsilon_3 p<0,001$) anlamlı değişikliklerini gösterir.



Grafik 6: Klima filtreleri ile çalışılan 7 farklı bölge arasında ölçülen çinko konsantrasyonlarının ortalama değerleri. Dikey çizgiler standart hatayı (SE) göstermektedir.

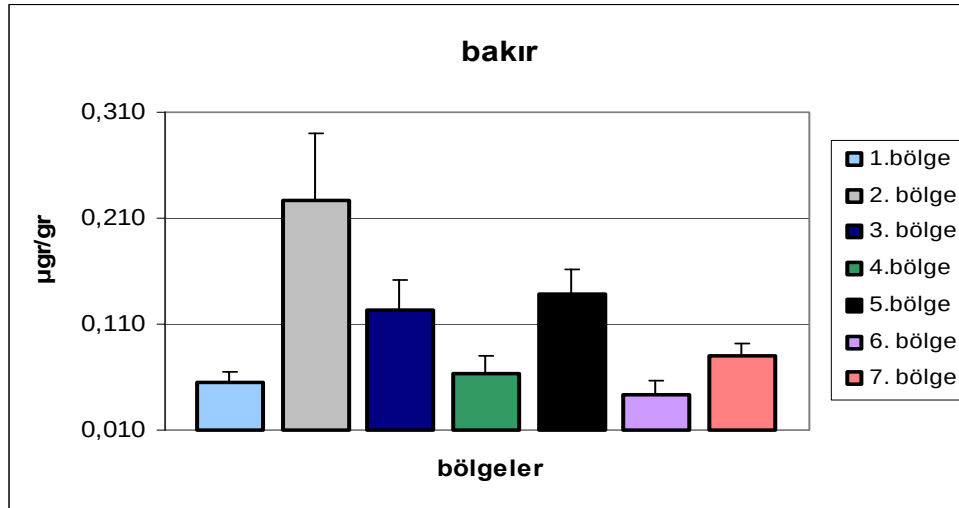
Bölgelerin çinko düzeylerinin karşılaştırılması:

1.bölge: 4. bölge arasında (***) çinko konsantrasyonları sonuçları arasında istatistiksel anlamda yüksek derecede anlamlılık saptanmıştır. **3.bölge:** 4. bölge arasında (β_2), **4.bölge:** 6. bölge arasında (α_2) ve **1.bölge:** 2. bölgeleri arasındaki (*) çinko düzeylerindeki değişim anlamlı bulundu (Tablo 10, Grafik 6).

Tablo 11: Farklı markalara ait klima filtrelerinin farklı bölgelerdeki, bakır ($\mu\text{gr/gr}$), konsantrasyonlarının ortalamaları (M) ve standart sapma (SD) değerleri ve örnek sayıları (n). (M $\pm$ SD).

1. bölge (n=8)	2. bölge (n=8)	3. bölge (n=7)	4. bölge (n=8)	5.bölge (n=8)	6.bölge (n=7)	7.bölge (n=8)
0,055 $\pm$ 0,29	0,227 $\pm$ 0,167**	0,123 $\pm$ 0,76*	0,063 $\pm$ 0,048 ^A	0,139 $\pm$ 0,058 ^{***, α_2}	0,043 $\pm$ 0,035 ^{ϵ_3, B, β_1}	0,080 $\pm$ 0,032 ^{A, β_1, ϵ_1, a}

1. bölgenin diğer çalışılan bölgelere göre (* $p < 0,05$, (** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$), **2. bölgenin** diğer çalışılan bölgelere göre (^A $p < 0,05$, ^B $p < 0,01$, ^C $p < 0,001$), **3. bölgenin** diğer çalışılan bölgelere göre (^{β_1} $p < 0,05$, ^{β_2} $p < 0,01$, ^{β_3} $p < 0,001$), **4. bölgenin** diğer çalışılan bölgelere göre (^{α_1} $p < 0,05$, ^{α_2} $p < 0,01$, ^{α_3} $p < 0,001$), **5. bölgenin** diğer çalışılan bölgelere göre (^{ϵ_1} $p < 0,05$, ^{ϵ_2} $p < 0,01$, ^{ϵ_3} $p < 0,001$) ve **6. bölgenin** diğer çalışılan bölgelere göre (^a $p < 0,05$, ^b $p < 0,01$, ^d $p < 0,001$) anlamlı değişikliklerini gösterir.



Grafik 7: Klima filtreleri ile çalışılan 7 farklı bölge arasında ölçülen bakır konsantrasyonlarının ortalama değerleri. Dikey çizgiler standart hatayı (SE) göstermektedir.

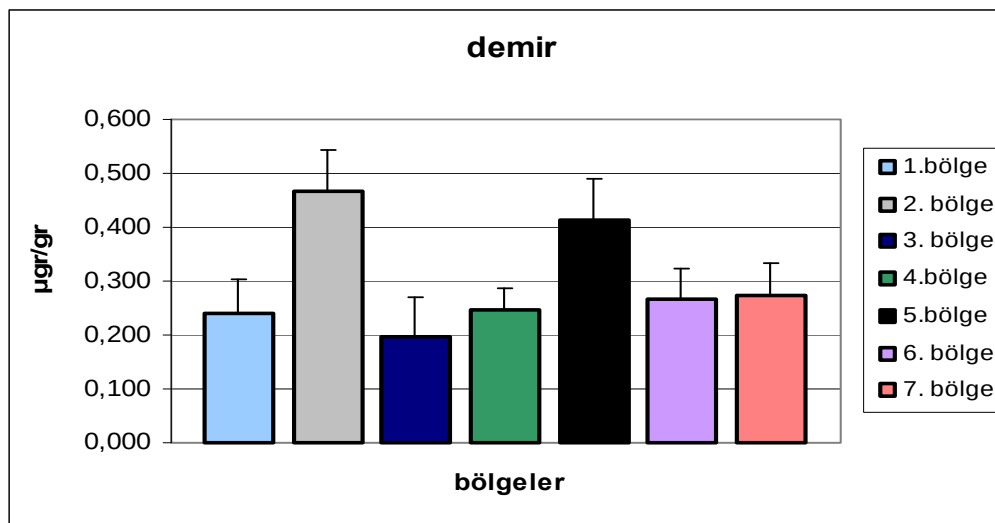
Bölgelerin bakır düzeylerinin karşılaştırılması:

1. bölge: 5. bölge arasında (***) ve **5. bölge:** 6. bölge arasında (ϵ_3) istatistiksel anlamda yüksek derecede anlamlılık saptanmıştır. **1. bölge:** 2. bölge (**), **2. bölge:** 6. bölge (B), **4. bölge:** 5. bölge (α_2) ve **1. bölge:** 3. bölge (*), **2. bölge:** 4. ve 7. bölgeleri (A), **3. bölge:** 6. ve 7. bölgeleri (β_1), **5. bölge:** 7. bölge (ϵ_1), **6. bölge:** 7. bölge (a) bölgeleri arasındaki bakır konsantrasyonlarındaki farklılık anlamlı olarak belirlendi (Tablo 11, Grafik 7).

Tablo 12: Farklı markalara ait klima filtrelerinin farklı bölgelerdeki, demir ($\mu\text{gr/gr}$), konsantrasyonlarının ortalamaları (M) ve standart sapma (SD) değerleri ve örnek sayıları (n). (M $\pm$ SD).

1. bölge (n=8)	2. bölge (n=8)	3. bölge (n=7)	4. bölge (n=8)	5.bölge (n=8)	6.bölge (n=7)	7.bölge (n=8)
0,239 $\pm$ 0,175	0,468 $\pm$ 0,210*	0,197 $\pm$ 0,163 ^A	0,246 $\pm$ 0,118 ^A	0,414 $\pm$ 0,215	0,267 $\pm$ 0,146	0,275 $\pm$ 0,166

1. bölgenin diğer çalışılan bölgelere göre (*p<0,05, (**p<0,01, ***p<0,001), **2. bölgenin** diğer çalışılan bölgelere göre, (^A p<0,05, ^B p<0,01, ^C p<0,001), anlamlı değişikliklerini gösterir.



Grafik 8: Klima filtreleri ile çalışılan 7 farklı bölge arasında ölçülen demir konsantrasyonlarının ortalama değerleri. Dikey çizgiler standart hatayı (SE) göstermektedir.

Bölgelerin demir düzeylerinin karşılaştırılması:

1. bölge: 2. bölge arasında (*), **2. bölge:** 3. ve 4. bölgeleri ile birlikte (A) demir istatistiksel değerleri karşılaştırıldığında bölgeler arasındaki artışın anlamlı olduğu saptanmıştır (Tablo 12, Grafik 8).

Bölgelerin kadmiyum düzeylerinin karşılaştırılması:

7 bölgede farklı araç markalarına ait kullanılmış klima filtreleri ile yapılan ölçümler sonucunda kadmiyum değerleri saptanamamıştır.

İstanbul'un yerleşim bölgelerinde havadaki eser element kirliliğini etkileyen özellikleri (sanayi, trafik, nüfus):

2007 yılı kasım ayında trafikten tescil belgesi alan taşıtların yoğunluk sırasına ve illere göre dağılım oranlarına bakıldığında İstanbul'un (%34) ilk sırayı aldığı bildirilmektedir (156).

1. bölge özellikleri (Eyüp-Alibeyköy):

Endüstri: Yakın zamanda pek çok fabrikanın kapatılması ile hava kirliliğinin azaldığı bir bölgedir.

Trafik: Hafta arası mesai bitiminde özellikle Eyüp ilçesinde trafik yoğun olmaktadır.

Nüfus: Yeni apartman blokları ile birlikte nüfus yoğunluğunda artış görülmektedir.

2. bölge özellikleri (Bayrampaşa-Gaziosmanpaşa):

Endüstri: Yedek parça, otomobil tamiri, metal işleri, kalıpcılık, elektrik-elektronik parça üretimi, plastik döküm, soğuk demir işlemesi, talaşlı üretim, hırdavat-nalburiye alet üretimi ve tekstil gibi alanlara yönelmiştir. Bu sanayi firmalarının yanı sıra bu bölgede inşaat sektörü de sürekli gelişim göstermektedir.

Trafik: İstanbul'daki şehirlerarası otobüs seferleri merkezi olması nedeni ile araç sayısının 24 saat boyunca yoğun olduğu belirtilmektedir.

Nüfus: İstanbul'un nüfusu en hızlı artış gösteren ilçelerinden birisidir.

3. bölge özellikleri (Zeytinburnu-Yenikapı-Eminönü): İstanbul'un deniz sahilinde yer alan ilçelerinin yer aldığı bir bölgedir.

Endüstri: Dericilik ve dokuma sanayi bu bölgede bulunmaktadır.

Trafik ve nüfus yoğunluğunun günün belirli saatlerinde değişim gösterdiği görülmektedir. Ayrıca Eminönü-Yenikapı sahil yolu İstanbul'un en yoğun olduğu sahil yolu olarak belirtilmektedir (157).

4. bölge özellikleri (Bahçelievler-Bakırköy-Ataköy): İstanbul'un gelişmiş ve en eski ilçelerinin bulunduğu bir bölgedir.

Endüstri: Tekstil ve dokuma fabrikalarının bir bölümü bu bölge içerisinde yer almaktadır.

Trafik: yoğunluğu yeni yapılan alışveriş merkezleri ile günün farklı saatlerinde hızlı artışlara neden olmaktadır. Özellikle bu değişim ilçenin sahil bölümünde trafik akışını da en alt düzeye indirmektedir.

Nüfus: 1960 yılından sonra kurulmaya başlanan Ataköy siteleri 20 yılı içeren zaman süreci içerisinde büyük gelişme göstererek nüfusun hızla artmasına neden olmuştur (158,159).

5. bölge özellikleri (Bağcılar-Güngören-Mahmutbey):

Endüstri: İstanbul'un organize sanayi bölgesidir. Son yıllarda İstanbul'da hava kirliliğinin şiddetle artması sonucu yerleşim alanlarında bulunan küçük atölye ve iş yerlerinin organize sanayi bölgesinde toplanması uygun görülmüştür. Otomotiv sanayi, tekstil sanayi, endüstriyel elektronik sanayi, metal ürünleri sanayi ticaret ve limited şirketleri ile beraber her türlü torna, otomat ve kaynak işleri, kauçuk madde üretimi (kauçuk sitesi, ayakkabı sanayi, çelik endüstriyel yapılar...gibi) yapılmaktadır.

Trafik: İstanbul'un sanayi merkezi olan bu bölgede özellikle sabah ve akşam mesai bitimi ile beraber trafik oldukça yoğundur. Özellikle, TEM İstoç mevki İstanbul'un trafiği en yoğun olan diğer bir bölgesidir (157).

Nüfus: Anadolu'dan İstanbul'a başlayan göç dalgası ve arsa fiyatlarının uygun olması nedeni ile çok hızlı ancak çarpık kentleşmenin görüldüğü bir bölgedir.

6. bölge özellikleri (Sefaköy-Avcılar-Küçükçekmece-Esenyurt):

Endüstri: İnşaat sektörü bu bölgenin en kuvvetli sanayi sektörlerinden biridir.

Trafik: İstanbul'un E-5 karayolu üzerinde trafiğin yoğun olduğu bir bölgedir.

Nüfus: Türkiye'nin her bölgesinden gelen insanlar bu ilçelere yerleşerek nüfusun hızla artmasına neden olmaktadır. Nüfusun artışını etkileyen diğer bir faktör de Avcılar ilçesinde 1964 yılında TEK Ambarlı Termik santralinin kurulması olduğu da düşünülmektedir.

7. bölge özellikleri (Beşiktaş-Mecidiyeköy):

Endüstri: Bölge hareketli ve çok canlı bir ticaret hayatına sahiptir. Ufak alışveriş merkezi, şirket merkezi, banka şubesi ve sermaye piyasasında faaliyet gösteren kuruluşlar, plazalar ve uluslararası otel işletmeleri yanı sıra ilaç fabrikaları da bulunmaktadır.

Trafik: İstanbul'un her gün yeni bir yol açılmasına, mevcut yolların genişletilmesine ve yeni geçitler inşa edilmesine rağmen, trafiğe her ay ortalama 25 bin yeni aracın katılması ile İstanbul'un toplam araç sayısı 2,5 milyona ulaşmasından dolayı, İstanbul trafiği akıl almaz bir yoğunluğa ulaşmıştır. İstanbul'un bu yoğun trafiğinin oluşturduğu 92 kara noktadan (kör nokta) birisi de, köprü trafiğine giden özellikle mesainin bittiği saatlerde araç sayısının artış gösterdiği ve trafik akışının yavaşladığı 7. bölgedir (Beşiktaş-Mecidiyeköy) (160).

Nüfus: Sanayi özellikleri gereği bölge nüfusu sürekli yoğun olduğu gözlenmektedir.

Avrupa yakasında İstanbul trafiğinde kara (kör) nokta olarak değerlendirilen diğer ilçeler ise yoğunluk sırasına göre; Avcılar (6. bölge), Bağcılar (5. bölge), Bahçelievler, Bakırköy (4.bölge), Beşiktaş (7. bölge), Eyüp (1. bölge), Gaziosmanpaşa (2.bölge), Güngören (5. bölge) ve Zeytinburnu (4. bölge) olarak belirlenmiştir (160,161).

5. TARTIŞMA

Dünyada her yıl hava kirliliğinden yaklaşık 3 milyon insan öldüğü saptanmıştır. Bu değer dünyadaki toplam ölümün (ortalama 55 milyon) %5'ni oluşturmaktadır. Hava kirliliğinden ölümlerin %90'nı geliştirmekte olan ülkelerde görülmektedir. Türkiye'de ise hava kirliliğinin 1950'li yıllarda nüfus artışı ve hızlı kentleşme ile birlikte gündeme geldiği, bunun sonucunda kömür ve petrole talebin arttığı ve başta İstanbul, Ankara, İzmir gibi büyük kentlerde olmak üzere şiddetli hava kirliliği problemleri yaşandığı bildirilmektedir (162).

Hava kirliliğinin sağlık üzerindeki olumsuz etkileri sonucu; akciğer kanseri vakalarında, kronik astım krizi, göğüs daralması ve öksürük/balgam sıklığında, üst solunum sistemi akut bozukluğunda, göz, burun ve boğaz tahribatında artış, soluk alma kapasitesinde düşüş, ölümlerde artış, iş veriminde ve üretimde düşüş, sağlık tedavi masrafında artış olduğu gözlenmiştir (163).

Havadaki partiküller, katı ve sıvı damlaların karışımından oluşmaktadır. Bazı partiküller direkt olarak bacadan atılır. Bazıları ise atmosferde oluşur. **Sağlık açısından boyutu 10 μm 'den küçük olan partiküller önemlidir ve rüzgar etkisi ile kilometrelerce uzaklara taşınmaktadır. Partikül madde boyutları (PM_{10} ve $\text{PM}_{2.5}$) olan küçük partiküller solunum yolu ile akciğere kadar ulaşarak sağlık açısından büyük problemler oluştururlar. PM_{10} , insan saçı çapından 5 kat, $\text{PM}_{2.5}$ ise 20 kat daha küçüktür ki ancak elektron mikroskobu ile tespit edilebilirler (163).**

Havada bulunan partiküllerin %0,01-3'ünü sağlık yönünden toksik etkiler gösteren eser elementler meydana getirir. Bunların sağlık yönünden önemi insan dokularında birikime uğramalarından ve olası sinerjik etkilerinden kaynaklanmaktadır. Solunum yolu ile alınan partiküllere ek olarak, yenilen yiyecekler, içilen su aracılığı ile de önemli miktarda metalik partiküler maddeler vücuda alınmaktadır. Atmosfer kirliliğinin bir bölümünü oluşturan metaller; fosil yakıtların yanması, endüstriyel işlemler, metal içerikli ürünlerin yanma tesislerinde (insineratörlerde) yakılması sonucunda ortama yayılırlar. Motorlu taşıtlar, termik santraller, ısınma tesisleri, orman yangınları, çimento ve inşaat sanayi önemli partikül madde kaynağıdır. İnsan sağlığını geniş çapta olumsuz yönde etkileyen partiküller, metaller arasında atmosferde yaygın olarak bulunan; kurşun, kadmiyum, nikel, civa metalleri ve asbest önem taşımaktadır. Çinko, bakır, demir, kobalt, flor, mangan, molibden gibi metallerin bir kısmı

insan yaşamında sağlıklı bir yaşam sürdürülebilmesi için önem taşır, bunların dışındaki diğer metallerin konsantrasyonu ise insan sağlığını tehdit edecek boyutta olmadığından önem göstermez. Belirli limitlerin dışında bulunabilecek her türlü metal, insan sağlığı üzerinde toksik etki gösterir (2,3,164,165). Hava kirliliğini kontrol altında tutmak ve insan hayatı için tehlikeli düzeye ulaşmasını engellemek amacı ile kirliliğin düzenli olarak ölçülmesi gerekmektedir.

Araç filtrelerinin düzenlenmesindeki amacın, havadaki polen ve tozların araç içerisine girişini engelleyerek sürücü veya yolcuların soluduğu havanın kalitesini arttırmak olduğu bilinmektedir. İlk üretilen kabin filtrelerinde, kabin içerisine giren partiküllerin filtre yüzeyine tutunma performansının (adsorbsiyon) çok düşük olduğu görülmüştür. Farklı modelde ve yapıdaki klima filtre üretimi sonucu sürücüler ve yolcularda havadaki ağır metallerle maruz kalınması ile oluşan; irritasyon (göz, burun ve boğazda oluşan tahriş), polenlere ve toz partiküllere alerjisi olan kişilerin semptomlarında azalma gözlenmiştir (135). Örneğin; Rudell B. (141) ve arkadaşlarının yapmış oldukları çalışmada, farklı yapıdaki klima filtrelerinin kullanılması ile araç içerisine ortalama büyüklüğü 0,4 μm 'den daha büyük ya da 0,4 μm olan partiküllerin sayı ve konsantrasyonlarında azalma olduğu belirtilmiştir.

Kalman E.L (142) kabin içindeki hava kalitesini arttırmak amacı ile çıkan her yeni model dahilinde araçlar aktif karbonlu klima filtreli olarak üretildiğini bildirilmiştir. Yaygın olarak kullanılan endüstriyel adsorbanlar arasında çevre kirliliğini kontrol amacıyla, şu anda kullanılan adsorbanların en önemlisi, yüksek gözenekliliğe sahip aktif karbonlardır (146). Çalışmamızda 10 farklı araca ait aktif karbonlu klima filtresi kullanılmıştır. Havadaki partikülleri aktif karbonlu klima filtreleri yardımıyla İstanbul'un 7 farklı bölgesindeki kurşun, kadmiyum, çinko, bakır ve demir eser element düzeylerini ölçerek havadaki eser element kirliliğini belirlemek istedik.

Çalışılan bölgelerin kurşun düzeylerinin değerlendirmesi:

Kurşun düzeylerinin en yüksek değerleri sıra ile 5. bölge ve 2. bölgesinde ölçülen kurşun değerleridir (Tablo 9, Grafik 5). Bu bölgelerdeki kurşun düzeyinin anlamlı derecede yüksek olması her iki bölgenin de İstanbul'un organize sanayi merkezlerinin bulunması nedeni ile havaya kurşun partiküllerinin atılımının maksimum olduğunu düşündürmektedir. Bununla beraber 5. bölgenin kurşun düzeyini etkileyen diğer bir faktörde bu bölgenin inşaat sektöründe de artışın görülmesi olarak değerlendirilebilir. 7. bölgedeki havanın kurşun düzeyinin ise 6. bölgeye oranla daha yüksek olduğunu tespit ettik. 7. bölgenin araç sayısının

ve trafik yoğunluğunun İstanbul'un köprü trafiğine giden en yoğun bölge olmasından kaynaklandığını düşündürmektedir.

Ayrıca, Sezgin N. (166) ve arkadaşlarının çalışmamızın 4. ve 6. bölgelerini içine alan güzergahlarda, E-5 çevre yolu üzerinden 22 farklı noktadan alınan toz örneklerinde ölçülen kurşun düzeylerinin topraktaki normal kurşun düzeyinden 9-11 kat yüksek olduğunu bulmuşlardır. 4. bölge kurşun ortalama değerleri: $(0,015 \pm 0,014 \mu\text{gr/gr})$, 6. bölge kurşun ortalama değerleri: $(0,006 \pm 0,003 \mu\text{gr/gr})$ Sezgin N. (166) ve arkadaşlarının bu bölgedeki toz örneklerinden ölçülen kurşun ortalama değerleri 211,88 mg/kg (kuru topraktaki normal kurşun değeri 20 mg/kg) olarak ölçülmüştür.

WHO'nun (1996) dünya çapında büyük şehirlerde hava kirliliğine etkili olan kurşun konsantrasyonunu $0,002-0,004 \text{ mg/m}^3$ olduğunu bildirmektedir. Havadaki kurşun kirliliği ülkelerin motorlu araç sayısına göre değişim gösterdiği de belirlenmiştir. Kısmet E. (5) ve arkadaşlarının ülkemizde havada bulunan kurşun konsantrasyonunun kurşunsuz benzin kullanımına geçilmesi ile beraber azalma gösterdiğini tespit etmişlerdir. Çalışmamızın kurşun değerlerine bakıldığında ise (Tablo 9) en yüksek değer in sıra ile 5.bölge $(0,026 \pm 0,018 \mu\text{gr/gr})$ ve 2.bölgede $(0,017 \pm 0,016 \mu\text{gr/gr})$ kullanılan araç klima filtrelerinde ölçülen değerler olduğunu görmekteyiz. Bu bölgelerin sanayi ve trafiğin yoğun olduğu bölgeler olması sonuçların doğruluğunu desteklemektedir.

Çalışılan bölgelerin çinko düzeylerinin değerlendirilmesi:

4. bölgedeki çinko düzeyleri diğer bölgelere göre anlamlı derecede düşük ölçtük. Bu bölgede sanayi merkezlerinin bulunmaması ve yerleşim alanlarının yüksek katlı apartmanlardan oluşumu dolayısı ile çinko partiküllerinin hava şartları etkisi ile (rüzgar hızı ve akış yönü), çinko düzeyini etkilediğini düşünmekteyiz.

WHO hava kirliliğini “canlıların sağlığını olumsuz yönde etkileyen maddede zararlar meydana getiren havadaki yabancı maddelerin normalin üzerinde yoğunlaşmasıdır” şeklinde tanımlamaktadır. Bununla beraber, WHO'da hava kalitesi standartlarını oluşturmak için yönetmelikler hazırlamıştır. Bu amaçla havada kabul edilebilir maksimum (MAK) standart değerler oluşturulmuş, risk altındaki grupları korumak amacı ile kabul edilebilir kısa süreli sınır değerler, genel nüfusu korumak için de uyulmasını önerdiği yıllık ortalamalar belirlemiştir (165).

WHO'nun (48) çalışma yerlerinde toz olarak havada izin verilen çinko eser elementinin maksimum kabul edilebilir konsantrasyonu (MAK) 5 mg/m^3 ve 8 saatlik normal çalışma süresinde izin verilebilir zaman ağırlıklı ortalama konsantrasyonunu 10 mg/m^3 belirlemiştir. Çalışmamızın çinko değerlerine bakıldığında (Tablo 10) yine 2.bölge ve 5.bölge çinko değerlerinin anlamlı derecede yüksek olduğunu gördük.

Çalışılan bölgelerin bakır düzeylerinin değerlendirilmesi:

2. bölgenin bakır konsantrasyonu 1. bölgeden anlamlı derecede yüksek tespit ettik. Bakır elementinin kimyasal özelliklerinden dolayı “hava sever” grupta yer alır ve havada bulunan bakır konsantrasyonunun üretim yapan sanayi birimine uzaklığına bağlı olarak değişim gösterebilir (54). 5. bölge sanayi merkezi olması nedeni ile bakır konsantrasyonunun ileri derecede yüksek olması çalışmalar ile de desteklenmektedir. Klima filtreleri kullanımı ile tespit ettiğimiz bakır düzeyleri, WHO'nun (48) iş yerlerindeki havada bulunan bakır tozları için MAK ve TLV değeri olan 1 mg/m^3 , 2., 3., 5. bölgeleri dışındaki tüm bölgelerde normal düzeyde olduğunu tespit ettik. Diğer bölgelerdeki bakır konsantrasyonundaki farklılıklar ise bölgelerin ikamet edilen alanları, küçük-büyük endüstriyel sanayi merkezleri ve trafikteki araç sayısındaki artışın birinci derecede etkili olduğunu gösterdi.

WHO'nun (1996) çalışma ortamında havadaki bakır tozları için maksimum kabul edilebilir konsantrasyonu (MAK) eşik limit değerleri (TLV) 1 mg/m^3 'dür. Çalışmamızda klima filtreleri aracılığı ile ölçtüğümüz bakır konsantrasyonu 2.bölge ve 5.bölgede (Tablo 11) yüksektir.

Çalışılan bölgelerin demir düzeylerinin değerlendirilmesi:

Vücutta birikebilen fakat fibrojenik ve toksik etkileri olmayan, ayrıca belli bir hastalığı oluşturmeyen tozlar inert tozlar olarak bilinmektedir. Örneğin demiroksit, titandioksit, magnezyum oksit gibi. Prensipte bütün tozlar zararlı olarak görüldüğü için, inert tozlar için de havada MAK değerler belirlenmiştir. Bunun için daha önce toplam toz (mide, barsak kanalına alınanlardan) konsantrasyonu esas alınırken, bugün ise ince tozlar (akciğerlere kadar gidebilen kurşun tozu tanecikleri) söz konusudur. İnert tozlar için öngörülen MAK değeri: 8 mg/m^3 'dür (167).

Gurzau E.S. (71) ve arkadaşları demir ve çelik endüstrisinin yoğun olduğu bir bölgede farklı tanecik boyutuna sahip partikülleri tutma özelliğine sahip filtrelerde yaptığı ölçümlerde havadaki demir konsantrasyonunda anlamlı bir fark bulmuşlardır.

Gilmour ve arkadaşlarının (168) havadaki ortalama tanecik büyüklüğü $10\ \mu\text{m}$ 'den küçük ve aerodinamik yarıçapları (PM_{10}) olan demir partiküllerinin canlı organizmadaki etkilerini araştırmışlardır. PM_{10} olan demir partiküllerinin solunum sistemlerinde şiddetli düzensizliklere, akciğer fonksiyonlarında bozukluklara yol açarak mortalite ile de sonuçlanabildiğini tespit etmişlerdir.

Bulgularımıza bakıldığında (Tablo 12) demir konsantrasyonu 2. bölgede diğer bölgelerden anlamlı derecede yüksek olduğu görülmektedir. Bu bölgenin sanayi bölgesi olmakla beraber soğuk demir işleme tesislerinin bulunması nedeni ile çevre kirliliğine neden olan demir eser elementinin yüksek olduğunu düşünmekteyiz. Demir ve bileşenleri (demir oksit ve sülfid formları) atmosfere yayıldığında önemli derecede kirletici özellik taşımaktadır.

Çalışılan bölgelerin kadmiyum düzeylerinin değerlendirmesi;

Kadmiyum ve kadmiyum bileşenlerinin bir sıvı içerisindeki çözünürlüğü diğer ağır metallere (kurşun, civa, arsenik.) oranla daha yüksektir. Özellikle toprakta birikiminde artış tespit edildiğinden, toprak ile yapılan kadmiyum sonuçları biyolojik yararlılığının daha yüksek olduğu belirtilmektedir (169).

Sezgin N. (166) ve arkadaşları E-5 karayolu üzerindeki toz partiküllerindeki ölçülen kadmiyum düzeyleri de diğer ağır metal düzeylerinden daha düşük bulunmuştur.

Fortoul T. (95) atmosferden solunum yolları ile akciğere gelen toksik elementlerin tanecik büyüklüğünü $2-3\ \mu\text{m}$ 'den küçük ve havadaki kadmiyum konsantrasyonunu ise $6 \times 10^{-5}\ \text{mg}/\text{m}^3$ olarak ölçmüşlerdir.

Jarup L. (91), Hengstler J.G. ve arkadaşlarının (85) çalışma alanlarındaki kontaminasyonda, havadaki kadmiyum seviyesini $0,001\ \text{mg}/\text{m}^3$ değerinde ölçmüşlerdir.

Bölgelerimizde kadmiyum değerleri saptanamamıştır. Bunun nedeni bize kadmiyum ağır metalinin havadaki çözünürlüğünün, topraktaki ve sudaki çözünürlüğünden daha düşük olmasından kaynaklandığını düşündürmektedir.

Ülkemizde özellikle büyük şehirlerdeki hava kirliliğinin %40'nın trafik kaynaklı olduğu ve özellikle İstanbul'da bu problemin hala devam ettiği bildirilmektedir. Çalışmamızın sonuçlarına göre, özellikle kurşun, çinko, bakır ve demir düzeyleri trafiğin yoğun olduğu bölgelerde yüksek olması yapılan çalışmalar sonucu da desteklenmektedir (170).

WHO tarafından havada bulunan partikül boyutu PM_{10} olan maddeler için belirlenen değerler incelendiğinde ise kurşun, kadmiyum elementleri için en yüksek değerlerin Türkiye’de olduğu bildirilmektedir. Yine Türkiye’nin yıllık sınır değerlerini (PM_{10} için yıllık genel ortalama maksimum değer $150 \mu\text{gr}/\text{m}^3$) diğer ülkelerin sınır değerleri ile mukayese ettiğimiz zaman A.B.D.’nin belirlediği sınır değerinin (PM_{10} için yıllık aritmetik ortalama maksimum değer $50 \mu\text{gr}/\text{m}^3$), 3 kat, A.B. değerinin (PM_{10} için yıllık aritmetik ortalama maksimum değer $40 \mu\text{gr}/\text{m}^3$) 3,75 kat ve WHO’nun (PM_{10} için yıllık aritmetik ortalama maksimum değer $20 \mu\text{gr}/\text{m}^3$) ise 7,5 kat üzerinde olduğu görülmektedir (163). Bununla birlikte, İstanbul’da yapılan bir çalışmada günlük PM oranları ile genel mortalite artışı arasında anlamlı ilişki gözlenmiştir (171).

Sonuç olarak; İstanbul’da havadaki eser element kirliliğinin tespitinde klima filtreleri yardımı ile yapılan ölçümlerin oldukça etkin ve uygun bir yöntem olduğunu söyleyebiliriz. Havadaki kurşun, çinko, bakır ve demir eser element konsantrasyonlarının yüksek çıktığı bölgelerdeki araç sürücüleri ve yolcularında, toksikasyon etkisi ile gözlemlenen semptomlarda (solunum sisteminde oluşan düzensizlikler, göz, burun ve boğaz tahribatında artış, özellikle astım problemi olan hastaların krizlerinde) artışlar beklenebilir.

KAYNAKLAR

- 1- Bothwell D.N., Cable B.B., Mair E.A. Zinc Pennies in the Esophagus. *Pediatrics*. 2004; 113: 176-177.
- 2- Hoff B., Boermans H.J., Baird J.D. Retrospective study of toxic metal analyses requested at a veterinary diagnostic toxicology laboratory in Ontario (1990-1995). *Can Vet J*. 1998; 39: 39-43.
- 3- O'Hara S.M., Donnelly L.F., Chauang E., Briner W.H., Bisset G.S. Gastric retention of zinc-based pennies: radiographic appearance and hazards. *Radiology* 1999; 213: 113-117.
- 4- Nagaraj M., Sunitha S., Varalakshmi P. Effect of lupeol, pentacyclic triterpene, on the lipid peroxidation and antioxidant status in rat kidney after chronic cadmium exposure. *Journal of Applied Toxicology* 2000; 20: 413- 417.
- 5- Kısmet E., Karataş M., Demirkaya E., Atay A.A., Ünay B., Aydın A., Açikel C., Köseoğlu V., Gökçay E. Ankara'da farklı bölgelerde yaşayan değişik yaş grubu çocuklarda kan kurşun düzeyleri. *Gülhane Tıp Dergisi* 2004; 46(1): 33-37.
- 6- Schwerha J.J. Occupational Medicine Forum. *Joem* 2006; 48(9): 988-990.
- 7- Yapıcı G., Can G., Şahin Ü. Çocuklarda asemptomatik kurşun zehirlenmesi. *Cerrahpasa Tıp Dergisi* 2002; 33(3): 197-204.
- 8- www.hm.saglik.gov.tr/pdf/kitaplar/css50.pdf.
- 9- Dündar Y., Aslan R. Yaşamı Kuşatan Ağır Metal Kurşunun Etkileri. *Kocatepe Tıp Dergisi* 2005; 6(2): 1-5.
- 10- www.metalurji.org.tr/dergi/dergi136/d136_4753.pdf.
- 11- Gunal M. Glioblastoma multiform eve benign meningiom olgularında tümör dokusunda ölçülen kurşun ve nikel düzeylerinin karşılaştırılması. *Bakırköy Ruh Sağlığı ve Sinir Hastalıkları Eğitim ve Araştırma Hastanesi. II.Nöroşirürji Kliniği, Uzmanlık Tezi*, 2006.
- 12- Struzynska L., Chalimoniuk M., Sulkowski G. The role of astroglia in Pb-exposed adult rat brain with respect to glutamate toxicity. *Toxicology* 2005; 212: 185-194.
- 13- Komarnicki G.J.K. Lead and cadmium in indoor air and the urban environment. 2005.
- 14- Gürer H., Ercal N. Can antioxidants be beneficial in the treatment of lead poisoning. *Free Radical Biology&Medicine* 2000; 29: 927-945.

- 15- Skerfving S., Gerhardsson L., Schütz A., Strömberg U. Lead-biological monitoring of exposure and effects. *The Journal of Trace Elements in Experimental Medicine* 1998; 11: 289-301.
- 16- www.hurriyet.com.tr/yasam/5724613.asp?m=1.
- 17- Hsu P.C., Guo Y.L. Antioxidant nutrients and lead toxicity. *Toxicology* 2002; 180: 33-34.
- 18- meteoroloji.gov.tr/2006/arastirma/files/webhakir.pdf
- 19- Goodman L. S., Gilman A. Lead. *The Pharmacological Basis of Therapeutics, Heavy Metals*. Chap. 46: 938.
- 20- Wright R.O., Tsaih S.W., Scahwartz J., Wright R.J., Hu H. Association between iron deficiency and blood lead level in a longitudinal analysis of children followed in an urban primary care clinic. *Journal of Pediatrics* 2003; 142(1): 9-14.
- 21- Toscano C.D., Guilarte T.R. Lead neurotoxicity: from exposure to molecular effects. *Brain Research Reviews* 2005; 49: 529-554.
- 22- Matousek J.P., Brodie K.G. Direct determination of lead airborne particulates by nonflame Atomic Absorption. *Analytical Chemistry* 1973; 45(9): 1606.
- 23- Jarup L. Hazards of heavy metal contamination. *British Medical Bulletin*, 2003; 68: 167-182.
- 24- Shih R.A., Glass T.A. Environmental Pb-exposure and cognitive function in community-dwelling older adults. *Neurology* 2006; 67: 1556-1562.
- 25- WHO Major poisoning episodes from environmental chemicals. *Geneva*, 1992; 3-15.
- 26- Adonaylo V.N., Oteiza P.I. Lead intoxication: antioxidant defenses and oxidative damage in rat brain. *Toxicology* 1999; 135: 77-85.
- 27- WHO Environmental Health Criteria 165-Inorganic Lead, *Geneva*, 1995.
- 28- Hayes R.B. The carcinogenicity of metals in humans. *Cancer causes and control*, 1997; 8: 371-385.
- 29- <http://ec.europa.eu/environment/waste/studies/pdf/heavy-metalsreport.pdf>.
- 30- Brauer M., Hoek G., Vliet, P.V., Maliefste, K., Fischer, P.H. et all. Air pollution from traffic and the development of respiratory infections and asthmatic and allergic symptoms in children. *Am J. Respir Crit Care Med*. 2002; 166: 1092-1098.

- 31- Espinoza, A.J., Rodriguez M.T., Rosa F.J., Sanchez J.C. A chemical speciation of trace metals for fine urban particles. *Atmospheric Environment* 2002; 36: 773-780.
- 32- Tandon S.K., Singh S. Role of vitamins in treatment of lead intoxication. *Journal of Trace Elements in Experimental Medicine* 2000; 13: 305-315.
- 33- Satarug S., Moore M.R. Adverse health effects of chronic exposure to low-level cadmium in foodstuffs and cigarette smoke. *Environmental Health Perspectives*, 2004; 112 (10): 1099-1103.
- 34- Browder A.A., Joselow M.M., Louria D.B. The problem of lead poisoning. *Medicine*, 1973; 52(121).
- 35- Belce A., Uslu E., Koyuncu G. Tıpta Elementler. Esansiyel Eser Elementler. 2004; 48-57.
- 36- Campbell J.R., Toribara T.Y. Hair-root lead to screen for lead toxicity. *The Journal of Trace Elements in Experimental Medicine* 2001; 14: 69-72.
- 37- Cummins S.K., Jackson R.J. The built environment and children's health. *Pediatric Clinics of North America* 2001; 48(5): 1241-1252.
- 38- Prasad A.S. Clinical endocrinological and biochemical effects of zinc deficiency. *Clin. Endocrinol. Metabolism* 1985; 14: 567.
- 39- Özçelik D. Bakır, çinko, kurşun ve kadmiyum katkılı besinlerle beslenen civcivlerin kan, serum ve değişik dokularındaki element konsantrasyonlarının ölçülmesi ve besi performansına etkilerinin saptanması. İ.Ü. Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Biyofizik Anabilim Dalı, Doktora Tezi, İstanbul 1998.
- 40- Hambidge M. Human zinc deficiency. *J. Nutr.* 2000; 130: 1344-1349.
- 41- www.vet.uga.edu/VPP/clerk/Hardy.
- 42- www.metalurji.org.tr/dergi/dergi137/d137_4651.pdf.
- 43- www.michvma.org/documents/MVC%20Proceedings/Fitzgerald1.pdf.
- 44- Acarsoy A. İnsan sağlığında çinkonun önemi. *TÜBİTAK, Bilim ve Teknik Dergisi* 1996; 12: 56.
- 45- Berg J.M., Shi Y. The galvanization of biology: a growing appreciation for the roles of zinc. *Science (Washington, DC)* 1996; 271: 1081-1085.
- 46- Yousef M.I., El Hendy H.A., El Demerdash F.M., Elagamy El. Dietary zinc deficiency induced-changes in the activity of enzymes and the levels of free radicals, lipids and protein

electrophoretic behaviour in growing rats. *Toxicology* 2002; 175: 223-234.

47- Habashi F. "Handbook of Extractive Metallurgy". 2, *WILEY-VCH, Germany*. 1997.

48- "Trace Elements in Human Nutrition and Health", *World Health Organization Geneva*, 1996; 76-141.

49- Tekeli S.K., Toker N.Y., Tekeli F. Çinkonun ratlarda canlı ağırlık ve bazı serum enzimleri üzerine etkisi. *Turk. J. Vet. Anim. Sci.*, 2002; 26: 79-84 TÜBİTAK.

50- Jones K.M. Signs and symptoms of oesophageal coins. *Emerg. Med. J.* 2000; 17: 126-127.

51- www.aspc.org/site/DocServer/toxbrief_0202.pdf.docID=112.

52- www.ivis.org/advances/Beasley/Cpt6b/ivis.pdf

53- Prasad A.S. Trace Elements and Iron Human Metabolism. John Wiley and sons.Ltd. Great Britain. 1978; 289-303.

54- www.metalurji.org.tr/dergi/dergi137/d137_4651.pdf.

55- www.inchem.org.

56- Mehta R., Templeton D., O'Brien P. Mitochondrial involvement in genetically determined transition metal toxicity. II. Copper toxicity. *Chemico-Biological Interactions* 2006; 163: 77-85.

57- Murray R., Myes P., Granner D., Rodwell V. Oksidatif fosforilasyon ve mitokondriyal taşıma sistemleri, Yağda çözünen vitaminlerin yapısı. Harper Biyokimyası. Barış Kitapevi. ISTANBUL. 1993; (145-149): 704-714.

58- Reinhold G.J. Trace elements-A selective survey. *Clin. Chem.* 1975; 21(4): 476-500.

59- Burtis C.A., Ashwood E.A. Tietz Klinik Kimyada Temel ilkeler. Palme Yayıncılık, 2005; 5: 568-584.

60- Rossi L., Lombardo M.F., Ciriolo G., Rotilio G. Mitochondrial dsyfunction in neurodegenerative diseases associated with copper imbalance. *Neurochemical Resolution* 2004; 29: 493-504.

61- Tietz N. Textbook of Clinical Chemistry. W.B. Saunders Company. 1986, 965-985.

62- Arciello M., Rotillo G., Rossi L. Copper-dependent toxicity in SH-SY5Y neuroblastoma involves mitochondrial damage. *Biochemical and Biophysical Research Communications* 2005; 327: 454-459.

- 63- Sheline C.T., Choi D.W. Cu^{2+} toxicity inhibition of mitochondrial dehydrogenases in vitro and in vivo. *Annals of Neurology* 2004; 55: 645-653.
- 64- www.genetikbilimi.com/genbilim/madenler.htm-22k_
- 65- www.geocities.com/besinler/temel.htm-42k_
- 66- Mertz W. "Trace Elements in Human and Animal Nutrition-Fifth Edition", 1987; 1 Academic Pres.
- 67- Huang X.P., O'brien P.J., Templeton D.M. Mitochondrial involvement in genetically determined metal toxicity. I.Iron toxicity. *Chemico-Biological Interactions* 2006; 163: 68-76.
- 68- www.uslanmam.com/anorganik-kimya/169275-demir.html-68k.
- 69- Crichton R.R., Pierre J.L. Old iron, young copper:from Mars to Venus. *Biometals* 2001; 14(2): 99-112.
- 70- Gao Z., Li P., Zhao Z. Determination of iron (II) with chemically modified carbon-paste electrodes. *Talanta* 1991; 38(10): 1177-1184.
- 71- Gurzau E.S., Neagu C., Gurzau A.E. Essential metals-case study on iron. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 2003; 56: 190-200.
- 72- Mertz, W. The essential trace elements. *Science* 1981; 213: 13-32.
- 73- www.yaklasansaat.com/demir1.asp
- 74- Ponka P. Iron metabolism: Physiology and Pathophysiology. *The Journal of Trace Elements in Experimental Medicine* 2000; 13: 73-83.
- 75- Pieracci F.M., Barie P.S. Diagnosis and management of iron-related anemias in critical illness. *Critical Care Medicine* 2006; 34: 1898-1905.
- 76- Nairz M., Weiss G. Molecular and clinical aspects of iron homeostasis: from anemia to hemochromatosis. *The Middle European Journal of Medicine* 2006; 118(15-16): 442-462.
- 77- www.ttb.org.tr/STED/sted1204/cocuk.pdf.
- 78- Kesebir S., Bayraktar E. Hemakromatoza bağı psikiyatrik bozukluklar: psikotik bozukluklu bir olgu ve literatürün gözden geçirilmesi. *Klinik Psikiyatri* 2003; 6: 114-118.
- 79- Camaschella C., Piperno A. Hereditaryhemochromatosis: recent advances in molecular genetics and clinical management. *Haematologica* 1997; 82: 77-84.

- 80- Brzoska M.M., Jakoniuk J.M. Interactions between cadmium and zinc in the organism. *Food and Chemical Toxicology* 2001; 39: 967-980.
- 81- Lund L.J., Betty E.E., Page A.L., Elliott R.A. Occurrence of naturally high cadmium levels in soils and its accumulation by vegetation. *Journal Environmental Quality* 1981; 10: 551-556.
- 82- Nriagu J.O. Global inventory of natural and anthropogenic emissions of trace metals to the atmosphere. *Nature* 1979; 279: 409.
- 83- El-Maraghy S., Gad M.Z., Fahim A.T., Hamdy M.A. Effect of cadmium and aluminum intake on the antioxidant and lipid peroxidation in rat tissues. *Journal Biochem Molecular Toxicology* 2001; 15: 207-214.
- 84- Jarup L. Cadmium overload and toxicity. *Nephrol Dial Transplant* 2002; 17(2): 35-39.
- 85- Hengstler J.G., Audorf U.B., Faldum A., Janssen K., Reifenrath M., Götte W. et al. Occupational exposure to heavy metals: DNA damage induction and DNA repair inhibition prove co-exposure to cadmium, cobalt and lead as more dangerous than hitherto expected. *Carcinogenesis* 2003; 24: 63-73.
- 86- Hwang D.F., Wang L.C. Effect of taurine on toxicity of cadmium in rats. *Toxicology* 2001; 167: 173-180.
- 87- Yadrick M.K., Kenney M.A., Winterfeldt E.A. Iron, copper and zinc status: response to supplementation with zinc or zinc and iron in adult females. *American Journal of Clinical Nutrition* 1989; 49: 145-150.
- 88- Jarup L., Hellstrom L., Alfven T. et al. Low level exposure to cadmium and early kidney damage: the OSCAR study. *Occupational and Environmental Medicine* 2000; 57: 668-672.
- 89- http://veri.sth.org.tr/veritabani/index.php?module=documents&JAS_DocumentManager_op=downloadFile&JAS_File_id=3
- 90- Camaschella J.R., Toribara T.Y. Hereditary hemochromatosis: recent advances in molecular genetics and clinical management. *Haematologica* 1997; 82: 77-84.
- 91- Jarup L. Hazards of heavy metal contamination. *British Medical Bulletin* 2003; 68: 167-182.
- 92- Tsalev D.L. Cadmium. Chapter:2. In: Atomic Absorption Spectrometry in Occupational and Environmental Health Practice Vol. (I), Ed.: Tsalev D.L. Florida: CRC Pres, Inc. 1993a.

- 93- Kiukuchi Y., Nomiyama T., Kumagai N., Dekio F., Uemura T., Takebaayashi T., Nishiwaki Y., Matsumoto Y., Sano Y., Hosoda K., Watanabe S., Sakurai H., Omae K. Uptake of cadmium in meals from the digestive tract of young non-smoking Japanese female volunteers. *Journal of Occupational Health* 2003; 45: 43-52.
- 94- Satarug S., Baker J., Urbenjapol S. et al. A global perspective on cadmium pollution and toxicity in non-occupationally exposed population. *Toxicology Letters* 2003; 137: 65-83.
- 95- Fortoul T., Saldivar L., Maya G.E., Bazzaro P. et al. Inhalation of cadmium, lead or its mixture effects on the bronchiolar structure and its relation with metal tissue concentrations. *Environmental Toxicology and Pharmacology* 2005; 19: 329-334.
- 96- Waalkes M.P. Cadmium carcinogenesis in review. *Journal of Inorganic Biochemistry* 2000; 79: 241-244.
- 97- El-Agha O., Gokmen I.G. Smoking habits and cadmium intake in Turkey. *Biological Trace Element Research* 2002; 88: 31-43.
- 98- Friberg L., Vahter M. Assessment of exposure to lead and cadmium through biological monitoring: results of a UNEP/WHO global study. *Environmental Research* 1983; 30: 95-128.
- 99- Garty M., Wong K.L., Klaassen C.D. Redistribution of cadmium to blood of rats. *Toxicology and Applied Pharmacology* 1981; 59: 548-554.
- 100- Olsson I.M., Bensryd I., Lundh T., Ottoosson H., Skerfving S., Oskarsson A. Cadmium in blood and urine--impact of sex, age, dietary intake, iron status and former smoking--association of renal effects. *Environmental Health Perspective* 2002; (110): 1185-1190.
- 101- Godt J., Scheidig F., Grosse-Siestrup C., Esche V., Brandenburg P., Rech A., Groneberg D.A. The toxicity of cadmium and resulting hazards for human health. *Journal of Occupational Medicine and Toxicology* 2006; 1(22): 927-945.
- 102- Lansdown A.B., Sampson B. Dermal toxicity and percutaneous absorption of cadmium in rats and mice. *Laboratory Animal Science* 1996; 46: 549-554.
- 103- Akesson A., Lundh T., Vahter M., Bjellerup P. Tubuler and glomerular kidney effects in Swedish womwn with low environmental cadmium exposure. *Environmental Health Effects* 2005; 113(11): 1627-1631.
- 104- Brzoska M.M., Moniuszko J. J. The influence of calcium content in diet on cumulation and toxicity of cadmium in the organism. *Archives of Toxicology* 1998; 72: 63-73.

- 105- Amara S., Abdelmelek H., Garrel C., Guiraud P. et al. Preventive effect of zinc against cadmium-induced oxidative stress in the rat testis. *Journal of Reproduction and Development* 2007; 20: 1-15.
- 106- Xu L.C., Sun H., Wang S., Song L., Chang H.C., Wang X.R. The roles of metallothionein on cadmium-induced testes damages in Sprague-Dawley rats. *Environmental Toxicology and Pharmacology* 2005; 20: 83-87.
- 107- Schwartz G.G., Reis I.M. Is cadmium a cause of human pancreatic cancer. *Cancer Epidemiology Biomarkers & Prevention* 2000; 9: 139-145.
- 108- Lafuente A., Marquez N., Piquero S., Esquifino A.I. Cadmium affects the episodic luteinizing hormone secretion in male rats: possible age dependent effects. *Toxicology Letters* 1999; 104: 27-33.
- 109- Gauvin M.J. Cadmium. In: Canadian minerals year book. Mineral resources branch, energy, mines and resources Canada, Ottawa 1986.
- 110- Abramson M.J. Respiratory symptoms and lung function in older people with asthma or chronic obstructive pulmonary disease. *The Medical Journal of Australia* 2005; 183: 23-28.
- 111- Lag M., Westly S., Lerstad T., Bjornsrud C., Refsnes M., Schwarze, P.E. Cadmium induced apoptosis of primary epithelial lung cells: involvement of Bax and p-53, but not of oxidative stress. *Cell Biology Toxicology* 2002; 18: 29-42.
- 112- Zalups R.K., Ahmad S. Molecular handling of cadmium in transporting epithelia. *Toxicology and Applied Pharmacology* 2003; 186: 163-188.
- 113- Satarug S., Baker J.R., Reilly P.E., Moore M.R., Williams D.J. Cadmium levels in the lung, liver, kidney cortex, and urine samples from Australians without occupational exposure to metals. *Arch. Environ. Health* 2002; 57: 69-77.
- 114- Ikeda M., Zhang Z.W., Moon C.S., Shimbo S., Watanabe T., Nakatsuka H., Matsuinoguchi N., Higashikawa K. Normal liver function in women in the general Japanese population subjected to environmental exposure to cadmium at various levels. *International Archives Occupational Environmental Health* 2000; 73: 86-90.
- 115- Karmakar R., Bhattacharya R., Chatterjee M. Biochemical, haematological and histopathological study in relation to time-related cadmium-induced hepatotoxicity in mice. *Biometals* 2000; 13: 231-239.

- 116- Bench G., Corzett M.H., Martinelli R., Balhorn R. Cadmium concentrations in the testes, sperm, and spermatids of mice subjected to long-term cadmium chloride exposure. *Cytometry* 1999; 35: 30-36.
- 117- Piasek M., Laskey J.W. Effects of in vitro cadmium exposure on ovarian steroidogenesis in rats. *Journal of Applied Toxicology* 1999; 19(3): 211-217.
- 118- Henson M.C., Chedrese P.J. Endocrine disruption by cadmium, a common environmental toxicant with paradoxical effects on reproduction. *Experimental Biology and Medicine (Maywood)* 2004; 229(5): 383-392.
- 119- Shiverck K.T., Salafia C. Cigarette smoking and pregnancy I: ovarian, uterine and placental effects. *Placenta* 1999; 20: 265-272.
- 120- Il'yasova D., Schwartz G.G. Cadmium and renal cancer. *Toxicology and Applied Pharmacology* 2005; 207: 179– 186.
- 121- Zharkov D.O., Rosenquist T.A. Inactivation of mammalian 8-oxoguanine-DNA glycosylase by cadmium (II): implications for cadmium genotoxicity. *DNA Repair* 2002; 1: 661-670.
- 122- Giaginis C., Gatzidou E., Theocharis S. DNA repair systems as targets of cadmium toxicity. *Toxicology and Applied Pharmacology* 2006; 213: 282-290.
- 123- Tang Y.R., Zhang S.Q., Xiong Y., Zhao Y., Fu H., Zhang H.P., Xiong K.M. Studies of five microelement contents in human serum, hair, and fingernails correlated with aged hypertension and coronary heart disease. *Biology and. Trace Elements Research* 2003; 92: 97-104.
- 124- Brzoska M.M., Jakoniuk J.M., Jurczuk, M., Sidorczuk M.G., Rogalsk J. The effect of zinc supply on cadmium-induced changes in the tibia of rats. *Food and Chemical Toxicology* 2001; 39: 729-737.
- 125- Staessen J.A., Roel, H.A., Emelianov D., Kuznetsova T. et al. Environmental exposure to cadmium, forearm bone density and risk of fractures: prospective population study. *The Lancet* 1999; 353: 1140-1144.
- 126- www.obitet.gazi.edu.tr/download/Tasit_Ic_Dis_Bakim_io.doc.
- 127- www.bosch.cabinfilter.
- 128- Yalova_cevreorman.gov.tr.
- 129- www.sardesautomotive.com.

- 130- www.chevroletclubcard.com/yparca_main.asp.
- 131- www.forparts.com/techboscabinfilters.htm.
- 132- www.vw.gen.tr.
- 133- www.mahle.com/C12570B3006C0D49/CurrentBaseLink/W26JNMQJ512STULEN.
- 134- www.faslube.com/page02.htm.
- 135- www.fiatec.com/fileadmin/user_upload/hammermueller/download/CabinAirFiltration2001.pdf (heinz.bittermann@fiatec.com)
- 136- www.anadolufiltre.com.tr/tr/index.php?option=com_content&task=view&id=13&Itemid=34.
- 137- www.konuk@carstylingonline.com.
- 138- www.sampiyonfilter.com.tr/muhendis.html.
- 139- Bittermann H, Seit, M, Mölter L., Schmidt M. Testing: Determining fractional efficiency in CAFs. *Filtration&Separation* 2006; 46(10): 18-21.
- 140- www.vw.com.tr/satis_sonrasi/orijinal_yedek_parca/filtre_grubu.asp.
- 141- Rudell B., Wass U., Hörstedt P., Levin J.O., Lindhal R., Rannung U., Sunesson A.L., Ostberg. Y., Sandström, T. Efficiency of automotive cabin air filters to reduce acute health affects of diesel exhaust in human subjects. *Occupational Environmental Medicine* 1999; 56: 222-231.
- 142- Kalman E.L., Winqvist F., Löfvendahl A., Rudell B. Chemical gas sensors for car exhaust and cabin air monitoring. *Indoor Built Environment* 2002; 11: 105-110.
- 143- www.hispanicprwire.com.
- 144- www.boschindia.com/content/language/html/7787.htm.
- 145- www.mann-hummel.com/cabinfilters/index.html.
- 146- www.kimyaevi.org/merak/aktif.asp.
- 147- Schmidt F., Sager U., Dauber E. Dynamic Adsorption Behavior of Cabin air filters. *Filtration+Separation Research article* 2002; 43-47.
- 148- Bosch, Automotive Handbook, 6th Edition SAE, 2004.

- 149- <http://star.netbul.com/asp/0/5/1418.asp>.
- 150- ISO Soil quality, Extraction of Trace Elements Soluble in Aqua Regia, ISO 11466, 1995.
- 151- Sastre J., Sahuquillo M., Vidal, M., Rauret G. Determination of Cd, Cu, Pb and Zn in environmental samples: microwave-assisted total digestion versus aqua regia and nitric extraction. *Analytica Chimica Acta* 2002; 462: 59-72.
- 152- Bingol D., Akcay M. Determination of trace in fly ash samples by FAAS after applying different digestion procedure. *Talanta* 2005; 66: 600-604.
- 153- Kalbitz K., Wennrich R. Mobilization of heavy metals and arsenic in polluted wetland soils and its dependence on dissolved organic matter. *Science of the Total Environment* 1998; 209(1): 27-39.
- 154- Brown A., Taylor, A. Applications of aslotted quartz tube and flame atomic absorption spectrophotometry to the analysis of biological samples. *Analyst* 1985; (110): 579-582.
- 155- Shimadzu Applications Data AAS. Analysis of biological sample 4-122-929.
- 156- <http://tumgazateler.com/?a=1876216>.
- 157- www.guncelhaber.com.
- 158- www.bakirkoy.bel.tr.
- 159- <http://www.sabah.com.tr/2007/03/14/gnd87.html>.
- 160- <http://wowturkey.com/forum/viewtopic.php>.
- 161- www.istanbul.gov.tr.
- 162- Enerji Sektöründen Kaynaklanan Hava Kirliliği. Ulusal Çevre Eylem Planı. Devlet Planlama Teşkilatı, Ankara, 1997.
- 163- Ozturk M. Partikül madde kirliliğinin insan sağlığı üzerine etkisi. Ankara, 2007.
- 164- <http://www.rshm.gov.tr/hki/pdf/hava.pdf>.
- 165- Bayram H., Dörtbudak Z., Fişekçi F.E., Kargın M., Bülbül B. “Hava Kirliliğinin İnsan Sağlığına Etkileri, Dünyada, Ülkemizde ve Bölgemizde Hava Kirliliği Sorunu” Paneli Ardından. *Dicle Tıp Dergisi* 2006; 33(2): 105-112.

166- Sezgin N., Ozcan H.K., Demir G., Nemlioglu S., Bayat C. Determination of heavy metal concentrations in street dusts in İstanbul E-5 highway. *Environment International* 2004; 29(7): 979-985.

167- http://www.maden.org.tr/resimler/ekler/35fe7f7fe8217b4_ek.pdf.

168- Gilmour P.S., Brown D.M., Lindsay T.G., Beswick P.H., Macnee W., Donaldson K. Adverse health effects of PM₁₀ particles:involvement of iron in generation of hydroxyl radical. *Occup. Environ.Med.* 1996; 53(12): 817-822.

169- [www.productstewardship.us/associations/6596/files/Heavy Metals. in waste.pdf](http://www.productstewardship.us/associations/6596/files/Heavy%20Metals%20in%20waste.pdf).

170- www.toraks.org.tr/pdf/hava_kir_semp/hava_kirliligi.pdf.

171- Şahin Ü. İstanbul'da 1994-1998 hava kirliliği düzeyleri ile mortalite arasında ilişki. *İstanbul Üniversitesi, Doktora Tezi*, İstanbul 2000.

GEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı	FATMA	Soyadı	ATEŞ
Doğ.Yeri	BAKIRKÖY	Doğ.Tar.	05/03/1975
Uyruğu	T.C.	TC Kim No	10093999976
Email	fatmaate@istanbul.edu.tr	Tel	212 414 30 69

Eğitim Düzeyi

	Mezun Olduğu Kurumun Adı	Mez. Yılı
Doktora		
Yük.Lis.		
Lisans	İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Kimya Bölümü	1994-1998
Lise	İSTEK Kaşgarlı Mahmut Özel Lisesi	1989-1993

İş Deneyimi (Sondan geçmişe doğru sıralayın)

	Görevi	Kurum	Süre (Yıl - Yıl)
1.	İ.Ü.Cerrahpaşa Tıp Fakültesi.	Biyofizik Anabilim Dalı	2004-...-
2.	İ.Ü.Cerrahpaşa Tıp Fakültesi.	Dahiliye Laboratuvarı	1998-2004-
3.			-

Yabancı Dilleri	Okuduğunu Anlama*	Konuşma*	Yazma*	ÜDS Puanı	(Diğer) Puanı
İngilizce	Çok iyi	iyi	iyi	50	
Almanca	orta	zayıf	orta		

*Çok iyi, iyi, orta, zayıf olarak değerlendirin

	Sayısal	Eşit Ağırlık	Sözel
LES Puanı	53.350	52.766	52.182
(Diğer) Puanı			

Bilgisayar Bilgisi

Program	Kullanma becerisi
Microsoft word	iyi
Microsoft excel	iyi
SPSS	iyi

Yayınları/Tebliğleri Sertifikaları/Ödülleri**Yayınları:**

Abas I., Kutay H.C., Kahraman R., Toker N.Y., Ozcelik D., Ates F., Kacakçı A. Effects of organic acid and bacterial direct-feed microbial on fattening performance of Kivircik-Male yearling lambs. *Pakistan Journal of Nutrition* 2007; 6(2): 149-154.

Sertifikaları:

I. “Deney Hayvanları Araştırmaları Uygulama ve Etik” Kursu, İ.Ü. Cerrahpaşa Tıp Fakültesi 6-7 Ocak 2005, İstanbul.

Özel İlgi Alanları (Hobileri):

Sinema, Opera ve Türk Sanat Musikisi.